

Инженерная Школа новых производственных технологий  
 Направление подготовки 15.03.01 «Машиностроение»  
 Отделение материаловедения школы (НОЦ)

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

| Тема работы                                                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Разработка технологического процесса изготовления полумуфты редуктора.</b><br>УДК 621.81-2-047.84 |

Студент

| Группа | ФИО                          | Подпись | Дата |
|--------|------------------------------|---------|------|
| 3-8Л61 | Лукьянов Константин Петрович |         |      |

Руководитель ВКР

| Должность        | ФИО       | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|------------------|-----------|---------------------------|---------|------|
| Ст.преподаватель | Галин Н.Е |                           |         |      |

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность        | ФИО           | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|------------------|---------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент ОСГН ШБИП | Трубченко Т.Г |                           |         |      |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность | ФИО           | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|-----------|---------------|---------------------------|---------|------|
| Ассистент | Мезенцева И.Л |                           |         |      |

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

| Руководитель ООП | ФИО            | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|------------------|----------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент           | Ефременков Е.О |                           |         |      |

# **Результаты обучения** **по направлению** **15.03.01 Машиностроение**

| Вый про | Результат обучения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| P1      | Способность применять базовые и специальные знания в области математических, естественных, гуманитарных и экономических наук в комплексной инженерной деятельности на основе целостной системы научных знаний об окружающем мире; умение использовать основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, основы теоретического и экспериментального исследования в комплексной инженерной деятельности с целью моделирования объектов и технологических процессов в машиностроении, используя стандартные пакеты и средства автоматизированного проектирования машиностроительной и сварочной продукции. |
| P2      | Демонстрировать понимание сущности и значения информации в развитии современного общества, владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации; использование для решения коммуникативных задач современных технических средств и информационных технологий.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| P3      | Способность самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля, осознавать перспективность интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования, уметь критически оценивать свои достоинства и недостатки.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| P4      | Способность эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства отдельными группами исполнителей, в том числе над междисциплинарными проектами, уметь проявлять личную ответственность, приверженность профессиональной этике и нормам ведения профессиональной деятельности.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| P5      | Демонстрировать знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, осведомленность в вопросах охраны здоровья, безопасности жизнедеятельности и труда на машиностроительных и строительно-монтажных производствах.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| P6      | Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе на иностранном языке; анализировать существующую и разрабатывать самостоятельно техническую документацию; четко излагать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности на предприятиях машиностроительного, строительно-монтажного комплекса и в отраслевых научных организациях, участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности, основанные на систематическом изучении научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта, проведении патентных исследований          |
| P11     | Умение применять современные методы для разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных и строительно-монтажных технологий, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности людей и их защиту от возможных последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий, умение применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов в машиностроении и строительстве, применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий.                                                 |
| P12     | Умение обеспечивать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий машиностроительного производства, осваивать новые технологические процессы производства продукции, применять методы контроля качества новых образцов изделий.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная Школа новых производственных технологий  
Направление подготовки 15.03.01 «Машиностроение»  
Отделение материаловедения школы (НОЦ)

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП  
\_\_\_\_\_ Ефременков Е.А.  
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

### ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

| Группа | ФИО                          |
|--------|------------------------------|
| 3-8Л61 | Лукьянов Константин Петрович |

Тема работы:

Разработка технологического процесса изготовления полумуфты редуктора

Утверждена приказом директора (дата, номер)

№59-67/с от 28.02.2020

Срок сдачи студентом выполненной работы:

07.06.2021

### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

#### Исходные данные к работе

*(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).*

Техническое задание:

Чертёж детали «Полумуфта редуктора»

1000 шт./год

Сталь 40Х

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p> | <p>Технологическая часть: Определение типа производства, анализ технологичности конструкции детали, разработка маршрутного техпроцесса, размерный анализ, расчёт режимов резания, подбор оборудования, расчёт основного времени. Конструкторская часть: расчёт и проектирование оснастки.</p> |
| <p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <p>Чертеж детали, размерный анализ, операционная карта, сборочный чертеж приспособления и спецификация.</p>                                                                                                                                                                                   |
| <p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <p><b>Раздел</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <p><b>Консультант</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <p>Технологический</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <p>Галин Н.Е</p>                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <p>Конструкторский</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <p>Галин Н.Е</p>                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <p>Финансовый менеджмент</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <p>Трубченко Т.Г</p>                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <p>Социальная ответственность</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <p>Мезенцева И.Л</p>                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

|                                                                                                        |                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| <p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p> | <p>16.12.2020</p> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|

**Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):**

| Должность        | ФИО        | Ученая степень, звание | Подпись | Дата       |
|------------------|------------|------------------------|---------|------------|
| Ст.преподаватель | Галин Н.Е. |                        |         | 16.12.2020 |

**Задание принял к исполнению студент:**

| Группа | ФИО           | Подпись | Дата       |
|--------|---------------|---------|------------|
| З-8Л61 | Лукьянов К.П. |         | 16.12.2020 |

## РЕФЕРАТ

Данная выпускная квалификационная работа содержит 93 страницы пояснительной записки, 23 таблицы, 13 рисунков, 16 источника, 4 листа графического материала формата А1, 2 листа графического материала формата А2, 1 лист графического материала формата А3, 1 лист графического материала формата А4. Ключевые слова: Полумуфта редуктора, технологический процесс, размерный анализ, конструкция приспособления, машиностроение.

Key words: Reducer half coupling, Technological process, Dimensional Analysis, Fixture design, Mechanical engineering.

Актуальность темы состоит в том что, детали «Полумуфта» имеют очень широкую область применения во всех отраслях промышленности, что делает полумуфту важной составляющей частью практически любого механизма, так как большинство передающих крутящий момент соединений выполняется с помощью муфт.

Объектом исследования является технология изготовления детали «Полумуфта редуктора».

Цели и задачи исследования: разработка технологичного, эффективного и экономически обоснованного технологического процесса изготовления детали «Полумуфта редуктора».

В процессе выполнения выпускной квалификационной работы выполнен анализ технологичности конструкции детали, определен тип производства и выбран способ получения заготовки, спроектирован маршрут обработки детали с заполнением операционной карты и описанием всех переходов по каждой операции. Рассчитаны допуски технологических размеров, произведена проверка обеспечения точности обработки, рассчитаны припуски на обработку заготовки, технологические размеры, а также режимы резания для каждого технологического перехода и требуемая мощность оборудования для каждой операции, выбрано технологическое оборудование, рассчитаны нормы времени для выполнения каждой операции.

Результатом данной работы является разработка технологии изготовления детали «Полумуфта редуктора», применяемая для реального производства с универсальным оборудованием, сконструировано специальное приспособление.

Степень внедрения: среднесерийное производство.

Область применения: машиностроение.

Бюджет затрат на реализацию разработки технологии изготовления полумуфты редуктора настоящего исследования составил 202524,6 руб. Показатель финансовой эффективности разработки технологии изготовления полумуфты редуктора настоящего исследования отражает численное удешевление стоимости разработки в разах по сравнению с имеющимися технологическими процессами и равен 0,92. Показатель ресурсоэффективности разработки технологии изготовления полумуфты

редуктора настоящего исследования по пятибалльной шкале равен 4,51, что значительно выше показателей ресурсоэффективности имеющихся технологических процессов.

Анализ, проведенный в разделе «Социальная ответственность», показал, что процесс разработки технологии изготовления полумуфты редуктора, а также воздействие процесса и рабочей зоны на организм человека и окружающую среду, соответствует требованиям и нормам безопасности. Запланировано внедрение в производство разработанного технологического процесса обработки детали «Полумуфта редуктора».

## Содержание

|       |                                                                                                                                      |    |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
|       | Введение                                                                                                                             | 8  |
| 1     | Технологическая часть                                                                                                                | 9  |
| 1.1   | Техническое задание                                                                                                                  | 9  |
| 1.2   | Определение типа производства                                                                                                        | 10 |
| 1.3   | Анализ технологичности конструкции детали                                                                                            | 12 |
| 1.4   | Выбор исходной заготовки                                                                                                             | 13 |
| 1.5   | Разработка маршрута технологии изготовления полумуфты                                                                                | 13 |
| 1.6   | Определение минимальных припусков на обработку                                                                                       | 17 |
| 1.7   | Расчет технологических размеров                                                                                                      | 22 |
| 1.7.1 | Расчет диаметральных технологических размеров                                                                                        | 22 |
| 1.7.2 | Расчет продольных технологических размеров                                                                                           | 25 |
| 1.8   | Расчет режимов резания и выбор оборудования                                                                                          | 30 |
| 1.9   | Выбор средств технологического оснащения                                                                                             | 57 |
| 1.10  | Расчет основного времени                                                                                                             | 58 |
| 2     | Конструкторская часть                                                                                                                | 63 |
| 2.1   | Анализ исходных данных                                                                                                               | 63 |
| 2.2   | Разработка принципиальной расчетной схемы и компоновка приспособления                                                                | 64 |
| 2.3   | Описание конструкции и работы приспособления                                                                                         | 64 |
| 2.4   | Определение необходимой силы зажима                                                                                                  | 65 |
| 3     | Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение                                                                      | 67 |
| 3.1   | Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения | 67 |
| 3.1.1 | Потенциальные потребители результатов исследования                                                                                   | 67 |
| 3.1.2 | Анализ конкурентных технических решений                                                                                              | 68 |
| 3.1.3 | SWOT – анализ                                                                                                                        | 69 |
| 3.2   | Планирование научно-исследовательских работ                                                                                          | 72 |
| 3.2.1 | Структура работ в рамках научного исследования                                                                                       | 72 |
| 3.2.2 | Определение трудоемкости выполняемых работ                                                                                           | 73 |
| 3.2.3 | Разработка графика проведения научного исследования                                                                                  | 73 |
| 3.3   | Бюджет научно-технической разработки                                                                                                 | 77 |
| 3.3.1 | Расчет материальных затрат НТИ                                                                                                       | 77 |
| 3.3.2 | Расчет амортизационных отчислений                                                                                                    | 77 |
| 3.3.3 | Расчет заработной платы и отчислений во внебюджетные фонды                                                                           | 78 |
| 3.3.4 | Расчет общей себестоимости                                                                                                           | 79 |
|       | Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»                                                  | 81 |
| 4     | Социальная ответственность                                                                                                           | 84 |
| 4.1   | Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности                                                                          | 84 |
| 4.1.1 | Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства                                   | 84 |
| 4.1.2 | Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя                                                                | 85 |
| 4.2   | Производственная безопасность                                                                                                        | 85 |
| 4.3   | Анализ опасных и вредных производственных факторов                                                                                   | 86 |
| 4.3.1 | Отклонение показателей микроклимата                                                                                                  | 86 |
| 4.3.2 | Превышение уровня шума                                                                                                               | 87 |
| 4.3.3 | Недостаточная освещенность рабочей зоны                                                                                              | 87 |
| 4.3.4 | Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека                           | 88 |
| 4.3.5 | Повышенный уровень вибрации                                                                                                          | 89 |
| 4.3.6 | Вредные вещества                                                                                                                     | 90 |
| 4.4   | Экологическая безопасность                                                                                                           | 90 |
| 4.5   | Безопасность в чрезвычайных ситуациях                                                                                                | 91 |
|       | Выводы по разделу «Социальная ответственность»                                                                                       | 92 |
|       | Литература                                                                                                                           | 93 |
|       | ПРИЛОЖЕНИЕ                                                                                                                           | 94 |

## Введение

Целью курсового проекта является разработка технологического процесса изготовления полумуфты редуктора. Это позволит получить навыки разработки технологии изготовления детали и закрепит теоретические знания по дисциплине «Технология машиностроения».

В курсовом проекте приводится определение типа производства, анализ технологичности конструкции детали, даны рекомендации по выбору исходной заготовки. В курсовом проекте подробно рассмотрен размерный анализ технологического процесса изготовления полумуфты редуктора, определены минимальные припуски на обработку, выбраны средства технологического оснащения и рассчитано основное время.





## 1.2 Определение типа производства

Тип производства определяем по коэффициенту закрепления операций, который находим по формуле:

$$K_{з.о} = \frac{t_{\text{в}}}{T_{\text{ср}}}, \quad (1)$$

где  $t_{\text{в}}$  – такт выпуска детали, мин.;

$T_{\text{ср}}$  – среднее штучно–калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса, мин.

Такт выпуска детали определяем по формуле:

$$t_{\text{в}} = \frac{F_{\text{г}}}{N_{\text{г}}},$$

где  $F_{\text{г}}$  – годовой фонд времени работы оборудования, мин.;

$N_{\text{г}}$  – годовая программа выпуска деталей.

Годовой фонд времени работы оборудования определяем по табл. 2.1. [1, стр. 22] при двухсменном режиме работы:  $F_{\text{г}} = 4029$  ч.

Тогда

$$t_{\text{в}} = \frac{F_{\text{г}}}{N_{\text{г}}} = \frac{4029 \times 60}{1000} = 241,74 \text{ мин};$$

Среднее штучно – калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса:

$$T_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{\text{ш.к } i}}{n}, \quad (2)$$

где  $T_{\text{ш-к } i}$  – штучно - калькуляционное время  $i$ -ой основной операции, мин;

$n$  – количество основных операций.

В качестве основных операций выберем 3 операции ( $n=3$ ), (см. операционную карту).

Штучно – калькуляционное время  $i$ - ой основной операции определяем по рекомендациям приложения 1 [1, стр. 147]:

$$T_{\text{ш-к } i} = \varphi_{\text{к.}i} \cdot T_{\text{о.}i}, \quad (3)$$

где  $\varphi_{\text{к.}i}$  – коэффициент  $i$ -ой основной операции, зависящий от вида станка и типа предполагаемого производства;

$T_{\text{о.}i}$  – основное технологическое время  $i$ - ой операции, мин.

Для первых двух операций (токарные):  $\varphi_{\text{к.}1} = \varphi_{\text{к.}2} = 1,98$ ;

Фрезерная:  $\varphi_{\text{к.}3} = 1,84$ ;

Основное технологическое время определяем по рекомендациям приложения 1 [1, стр. 146], где время зависит от длины и диаметра обрабатываемой поверхности, а также от вида обработки.

Основное технологическое время первой токарной операции определяем только для наиболее продолжительных по времени переходов (подрезать торец и сверлить отверстие (см. операционную карту)):

$$T_{o.1} = (0,037 \cdot D^2 + 0,52 \cdot d \cdot l) \cdot 10^{-3},$$

где  $D$  – диаметр обрабатываемого торца, мм;  
 $d$  – диаметр обрабатываемого отверстия, мм;  
 $l$  – длина обрабатываемой поверхности, мм.

Значения вышеперечисленных переменных определяем приближенно, по рис.1.

Тогда

$$T_{o.1} = (0,037 \cdot D^2 + 0,52 \cdot d \cdot l) \cdot 10^{-3} = (0,037 \cdot 80^2 + 0,52 \cdot 22 \cdot 57) \cdot 10^{-3} = 0,889 \text{ мин.}$$

Штучно – калькуляционное время данной операции определяем по формуле (3):

$$T_{ш.к.1} = \varphi_{к.1} \cdot T_{o.1} = 1,98 \cdot 0,889 = 1,76 \text{ мин.}$$

Основное технологическое время второй токарной операции также определяем только для наиболее продолжительных по времени переходов (рассверливание и развертывание (см. операционную карту)):

$$T_{o.2} = (0,31 \cdot d \cdot l + 0,43 \cdot d \cdot l) \cdot 10^{-3},$$

$d$ , мм (определенно выше).

Тогда

$$T_{o.2} = (0,31 \cdot d \cdot l + 0,43 \cdot d \cdot l) \cdot 10^{-3} = (0,31 \cdot 22 \cdot 34 + 0,43 \cdot 22 \cdot 34) \cdot 10^{-3} = 0,554 \text{ мин.}$$

Штучно – калькуляционное время данной операции, формула (3):

$$T_{ш.к.2} = \varphi_{к.2} \cdot T_{o.2} = 1,98 \cdot 0,554 = 1,096 \text{ мин.}$$

Основное технологическое время шлифовальной операции (см. операционную карту):

$$T_{o.3} = 6 \cdot l \cdot 10^{-3} = 6 \cdot (80 + 80) \cdot 10^{-3} = 0,96 \text{ мин.}$$

Штучно – калькуляционное время данной операции, формула (3):

$$T_{ш.к.3} = \varphi_{к.3} \cdot T_{o.3} = 1,84 \cdot 0,96 = 1,776 \text{ мин.}$$

Среднее штучно – калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса определяем по формуле (2):

$$T_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{ш.к.i}}{n} = \frac{T_{ш.к.1} + T_{ш.к.2} + T_{ш.к.3}}{3} = \frac{0,554 + 1,096 + 1,776}{3} = 1,139 \text{ мин.}$$

Тип производства определяем по формуле (1):

$$K_{з.о} = \frac{t_{\epsilon}}{T_{cp}} = \frac{241,74}{1,139} = 212,3.$$

Так как  $K_{з.о} = 212,3 > 40$ , то **тип производства мелкосерийное.**

### 1.3 Анализ технологичности конструкции детали

Деталь – полумуфта редуктора (рис. 2) – изготовлена из круглого проката повышенной точности (материал сталь 40Х) и проходит термическую обработку, что имеет большое значение в отношении короблений, возможных при нагревании и охлаждении детали и требует дополнительной обработки отверстия  $\varnothing 22^{+0,05}$ .

При использовании заготовки из круглого проката резко уменьшается коэффициент использования материала. Следовательно, условию минимальной металлоемкости эта деталь не удовлетворяет.

Деталь имеет сложную конструкцию, для ее получения требуется изготовление специальных приспособлений. С другой стороны обеспечивается свободный доступ инструмента ко всем обрабатываемым поверхностям. Деталь является достаточно жесткой и имеет совокупность поверхностей, которые могут быть использованы в качестве технологических баз.

Деталь имеет низкую твердость, поэтому шлифовальная операция исключается, с точки зрения технологичности это плюс.

Обработка отверстия  $\varnothing 22^{+0,05}$  требует использования мерных инструментов (зенкер, развертка). Остальные поверхности с точки зрения обеспечения точности и шероховатости не представляют технологических трудностей.

С учетом вышесказанного можно сделать вывод о том, что деталь является среднетехнологичной.

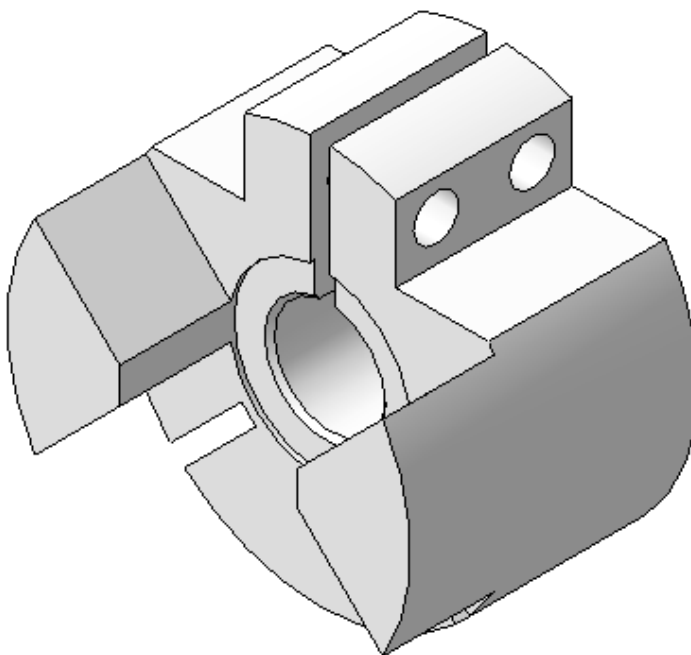


Рис. 2. Полумуфта редуктора.

## 1.4 Выбор исходной заготовки

С учетом технологических свойств материала детали (конструкционная сталь 40Х имеет хорошую обрабатываемость резанием), её габаритов и массы, требований к механическим свойствам (особых требований нет), а также типа производства (мелкосерийное) выбираем в качестве исходной заготовки – **прокат**. Диаметр проката определен ниже.

Использование кованой или штампованной заготовки в условиях единичного производства нецелесообразно, так как требует дополнительного оборудования (кривошипные прессы, молоты).

Литье в песчаные формы наиболее универсальный метод, однако изготовление форм требует больших затрат времени. Литье в кокиль целесообразно в серийном и массовом производстве. Кроме того конструкционная сталь 40Х обладает низкими литейными свойствами.

Окончательное решение по выбору заготовки принимается после экономического комплексного расчета себестоимости заготовки и механической обработки в целом.

## 1.5 Разработка маршрута технологии изготовления полумуфты.

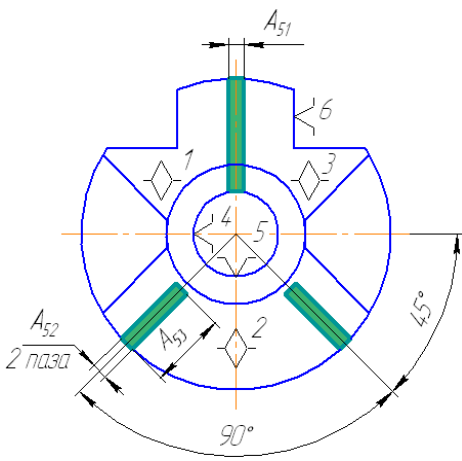
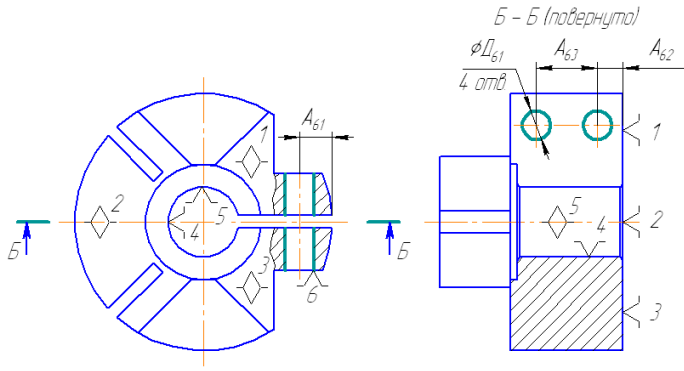
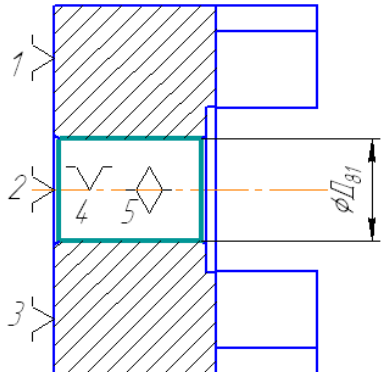
Выбор технологических баз и применяемого оборудования.

Маршрут технологии изготовления полумуфты представлен в виде табл.1.1, где также обозначены технологические базы.

Таблица 1.1

|                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>0. Отрезная</p> <p>А Выдвинуть пруток до упора;<br/>1. Отрезать заготовку, выдержав размер <math>A_{01}</math></p>                                                                                                                                                                                                                                                   |
|  | <p>1. Токарно-винторезная</p> <p>А Установить и снять деталь<br/>1. Подрезать торец, выдержав размер <math>A_{11}</math>;<br/>2. Сверлить отверстие диаметром <math>D_{11}</math> на проход;<br/>3. Снять фаску, выдержав размер <math>A_{12} \times 45^\circ</math>;<br/>4. Обточить поверхность диаметром <math>D_{12}</math> выдержав размер <math>A_{13}</math></p> |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <h3>2. Токарно-револьверная</h3> <p>А Установить и снять деталь</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Подрезать торец, выдержав размер <math>A_{21}</math>;</li> <li>2. Расточить отверстие диаметром <math>D_{21}</math>, выдержав размер <math>A_{22}</math>;</li> <li>3. Рассверлить отверстие диаметром <math>D_{22}</math>;</li> <li>4. Зенкеровать отверстие диаметром <math>D_{23}</math>; (на эскизе <math>D_{22}</math> и <math>D_{23}</math> не указаны)</li> <li>5. Развернуть отверстие диаметром <math>D_{24}</math>;</li> <li>6. Снять фаску, выдержав размер <math>A_{23} \times 45^\circ</math>;</li> <li>7. Обточить поверхность диаметром <math>D_{25}</math>, выдержав размер <math>A_{24}</math></li> </ol> |
|  | <h3>3. Фрезерная</h3> <p>А Установить и снять деталь</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Фрезеровать торцы кулачков, выдержав размеры <math>A_{31}</math>, <math>A_{32}</math> и <math>A_{33}</math></li> </ol>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|  | <h3>4. Фрезерная</h3> <p>А Установить и снять деталь</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Фрезеровать поверхности, выдержав размеры <math>A_{41}</math> и <math>A_{42}</math></li> </ol>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

|                                                                                     |                                                                                                                                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | <p>5. Фрезерная</p> <p>А Установить и снять деталь</p> <p>1. Фрезеровать пазы, выдержав размер <math>A_{51}</math> и размеры <math>A_{52}</math> и <math>A_{53}</math></p>                          |
|   | <p>6. Сверлильная</p> <p>А Установить и снять деталь</p> <p>1. Сверлить отверстия диаметром <math>D_{61}</math> выдержав размеры <math>A_{61}</math>, <math>A_{62}</math> и <math>A_{63}</math></p> |
|                                                                                     | <p>7. Термическая</p> <p>Калить <math>HRC_{\Sigma} 28...30</math></p>                                                                                                                               |
|  | <p>8. Токарная</p> <p>А Установить и снять деталь</p> <p>1. Развернуть отверстие диаметром <math>D_{81}</math></p>                                                                                  |
|                                                                                     | <p>9. Промыть деталь</p>                                                                                                                                                                            |
|                                                                                     | <p>10. Технический контроль</p>                                                                                                                                                                     |

Строим размерную схему технологического процесса изготовления полумуфты редуктора (рис. 3).

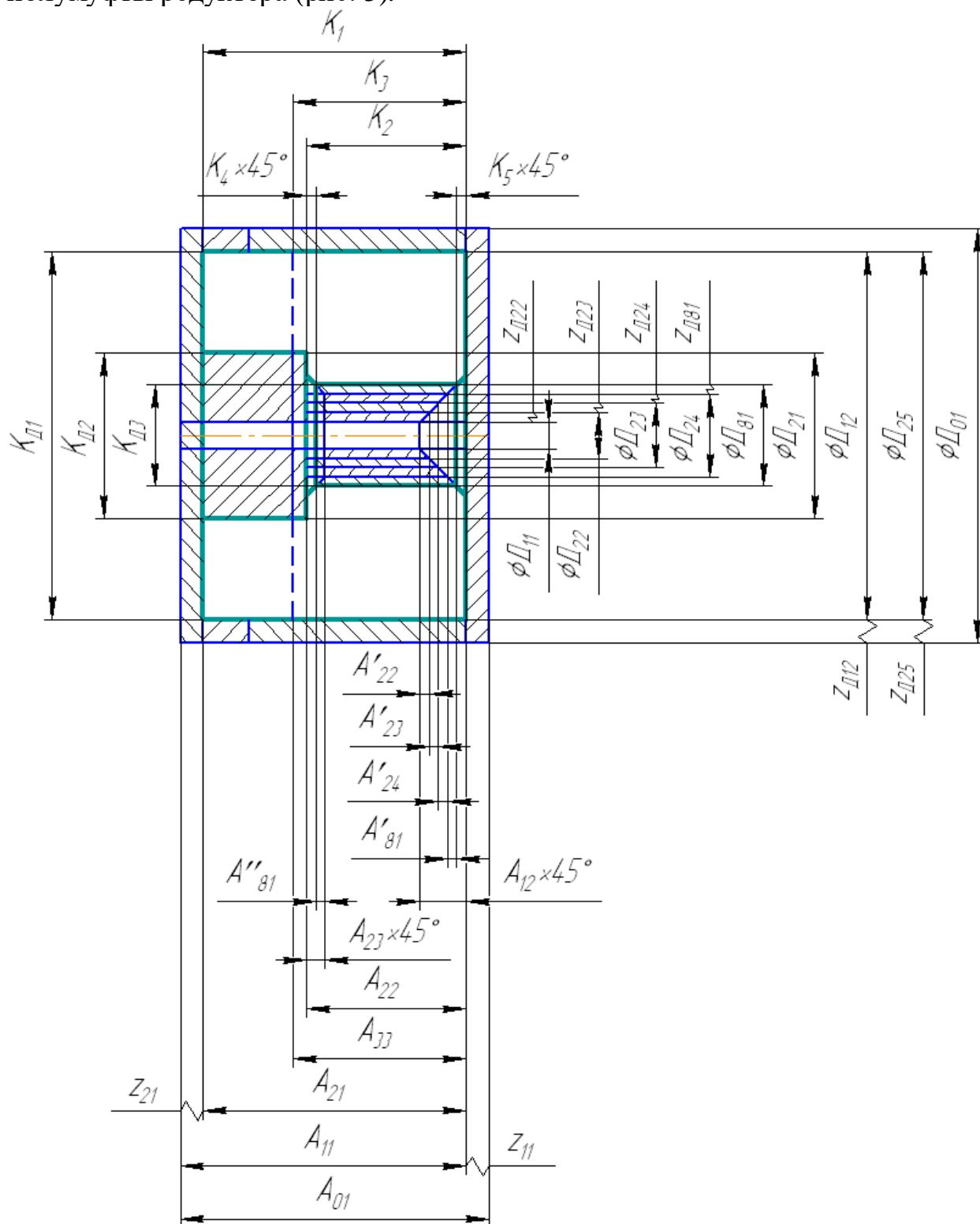


Рис. 3. Размерная схема технологического процесса изготовления полумуфты редуктора.



## 1.6 Определение минимальных припусков на обработку

Минимальный припуск на обработку поверхностей вращения определяется по формуле:

$$2 \cdot z_{i \min} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2}),$$

Минимальный припуск на обработку плоскостей определяется по формуле:

$$z_{i \min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1},$$

где  $Rz_{i-1}$  – шероховатость поверхности, полученная на предшествующем переходе (операции) обработки данной поверхности, мкм;

$h_{i-1}$  – толщина дефектного поверхностного слоя, сформированного на предшествующем переходе (операции) обработки данной поверхности, мкм;

$\rho_{i-1}$  – суммарный вектор погрешностей формы и расположения обрабатываемой поверхности, полученных на предшествующем переходе (операции) обработки данной поверхности, мкм:

$$\text{для поверхностей вращения: } \rho_{i-1} = \sqrt{\rho_{\phi i-1}^2 + \rho_{pi-1}^2}$$

$$\text{для плоскостей: } \rho_{i-1} = \rho_{\phi i-1} + \rho_{pi-1}$$

$\varepsilon_{yi}$  – погрешность установки на выполняемом переходе (для поверхностей вращения), мкм:  $\varepsilon_{yi} = \sqrt{\varepsilon_{\phi i}^2 + \varepsilon_{zi}^2}$ , где  $\varepsilon_{\phi i}$  и  $\varepsilon_{zi}$  – соответственно погрешности базирования и закрепления на этом переходе.

Таблица 1.2 Минимальные припуски на обработку поверхностей вращения

| Технологические переходы обработки поверхности | Элементы припуска |     |        |               | Расчетный припуск $2z_{\min}$ , мкм | Допуск Т, мкм |
|------------------------------------------------|-------------------|-----|--------|---------------|-------------------------------------|---------------|
|                                                | Rz                | h   | $\rho$ | $\varepsilon$ |                                     |               |
| Поверхность Ø80h14 <sub>(-0,74)</sub>          |                   |     |        |               |                                     |               |
| Заготовка - прокат повышенной точности         | 75                | 115 | 8      | -             | -                                   | 1600          |
| Обтачивание черновое                           |                   |     |        | 500           | 1380                                | 740           |
| Поверхность Ø22 <sup>+0,05</sup>               |                   |     |        |               |                                     |               |
| Сверление                                      | 115               | 75  | 85     | -             | -                                   | 330           |
| Рассверливание                                 | 60                | 75  | 85     | 100           | 642                                 | 210           |
| Зенкерование                                   | 40                | 45  | 15     | 100           | 532                                 | 84            |
| Развертывание                                  | 15                | 20  | 14     | 100           | 372                                 | 21            |
| Развертывание после ТО                         |                   |     |        | 100           | 272                                 | 50            |

Все параметры составляющие величину припусков выбираем из соответствующих таблиц [2].

**Для поверхности Ø80h14(0,74):**

Согласно П2 [2, стр. 80] шероховатость поверхности и толщина дефектного поверхностного слоя проката составляют (в среднем):

$$Rz_{д01} = 75 \text{ мкм}; h_{д01} = 115 \text{ мкм}.$$

Пространственное отклонение определим по формуле (3.1) [2, стр. 46]. В данном случае сама обрабатываемая поверхность является технологической базой. Поэтому погрешность  $\rho_{рд01} = 0$ . Следовательно,  $\rho_{д01} = \rho_{фд01}$ . Погрешность формы  $\rho_{фд01}$  представляет собой изогнутость заготовки. Для ее определения воспользуемся табл. 9 П5 [2, стр. 95], в которой указана кривизна проката  $\Delta_k$  (мкм/мм).

Изогнутость для данной схемы установки заготовки составит:

$$\rho_{фд01} = \Delta_k \cdot l,$$

где  $l$  – вылет заготовки из патрона,  $l = 40$  мм.

Для проката повышенной точности  $\Delta_k = 0,2$  мкм/мм.

Таким образом получим

$$\rho_{д01} = \rho_{фд01} = \Delta_k \cdot l = 0,2 \cdot 40 = 8 \text{ мкм}.$$

Погрешность установки заготовки определим по формуле (3.3) [2, стр. 47]. В данном случае погрешность базирования заготовки в радиальном направлении  $\varepsilon_{бд12} = 0$ . Значит  $\varepsilon_{уд12} = \varepsilon_{зд12}$ . Погрешность закрепления заготовки в радиальном направлении найдем по табл. 1 П4 [2, стр. 84]. Она составит 500 мкм, т.е.

$$\varepsilon_{уд12} = \varepsilon_{зд12} = 500 \text{ мкм}.$$

Минимальный припуск на обточку составит:

$$2 \cdot z_{д12 \text{ min}} = 2 \cdot (Rz_{д01} + h_{д01} + \sqrt{\rho_{д01}^2 + \varepsilon_{д12}^2}) = 2 \cdot (75 + 115 + \sqrt{8^2 + 500^2}) = 1380 \text{ мкм}$$

$$2 \cdot z_{д25 \text{ min}} = 2 \cdot z_{д12 \text{ min}} = 1380 \text{ мкм}$$

**Для поверхности  $\text{Ø}22^{+0,05}$ :**

Согласно П2 [2, стр. 80] шероховатость поверхности и толщина дефектного поверхностного слоя составляют (в среднем):

Для сверления:  $Rz_{Д11} = 115$  мкм;  $h_{Д11} = 75$  мкм.

Для рассверливания:  $Rz_{Д22} = 60$  мкм;  $h_{Д22} = 75$  мкм.

Для зенкерования:  $Rz_{Д23} = 40$  мкм;  $h_{Д23} = 45$  мкм.

Для развертывания:  $Rz_{Д24} = 15$  мкм;  $h_{Д24} = 20$  мкм.

Для развертывания после ТО:  $Rz_{Д81} = 8$  мкм;  $h_{Д81} = 8$  мкм.

Пространственное отклонение определим по формуле (3.1) [2, стр. 46]. Погрешности формы и расположения найдем по табл. П3 [2, стр. 81]:

Для сверления:  $\rho_{фД11} = 16...40$  мкм;  $\rho_{рД11} = 40...120$  мкм.

Для рассверливания:  $\rho_{фД22} = 16...40$  мкм;  $\rho_{рД22} = 40...120$  мкм.

Для зенкерования:  $\rho_{фД23} = 6...12$  мкм;  $\rho_{рД23} = 8...16$  мкм.

Для развертывания:  $\rho_{фД24} = 2,5...8$  мкм;  $\rho_{рД24} = 13$  мкм.

Для развертывания после ТО:  $\rho_{фД81} = 2,5...8$  мкм;  $\rho_{рД81} = 14$  мкм.

Тогда,

$$\rho_{Д11} = \sqrt{\rho_{фД11}^2 + \rho_{рД11}^2} = \sqrt{80^2 + 28^2} = 85 \text{ мкм};$$

$$\rho_{Д22} = \sqrt{\rho_{фД22}^2 + \rho_{рД22}^2} = \sqrt{80^2 + 28^2} = 85 \text{ мкм};$$

$$\rho_{Д23} = \sqrt{\rho_{фД23}^2 + \rho_{рД23}^2} = \sqrt{12^2 + 9^2} = 15 \text{ мкм};$$

$$\rho_{Д24} = \sqrt{\rho_{фД24}^2 + \rho_{рД24}^2} = \sqrt{13^2 + 5^2} = 14 \text{ мкм};$$

$$\rho_{Д81} = \sqrt{\rho_{фД81}^2 + \rho_{рД81}^2} = \sqrt{14^2 + 5^2} = 15 \text{ мкм}.$$

Погрешность установки определим по формуле (3.3) [2, стр. 47]. В данном случае погрешность базирования в радиальном направлении  $\varepsilon_{6i} = 0$ . Значит  $\varepsilon_{yi} = \varepsilon_{zi}$ . Погрешность закрепления заготовки в радиальном направлении найдем по табл. 1 П4 [2, стр. 84].

$$\varepsilon_{yД11} = \varepsilon_{6Д11} = 500 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_{yД22} = \varepsilon_{6Д22} = 100 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_{yД23} = \varepsilon_{6Д23} = 100 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_{yД24} = \varepsilon_{6Д24} = 100 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_{yД81} = \varepsilon_{6Д81} = 100 \text{ мкм}.$$

Минимальный припуск на рассверливание составит:

$$2 \cdot z_{Д22 \min} = 2 \cdot (Rz_{Д11} + h_{Д11} + \sqrt{\rho_{Д11}^2 + \varepsilon_{Д22}^2}) = 2 \cdot (115 + 75 + \sqrt{85^2 + 100^2}) = 642 \text{ мкм};$$

Минимальный припуск на зенкерование составит:

$$2 \cdot z_{Д23 \min} = 2 \cdot (Rz_{Д22} + h_{Д22} + \sqrt{\rho_{Д22}^2 + \varepsilon_{Д23}^2}) = 2 \cdot (60 + 75 + \sqrt{85^2 + 100^2}) = 532 \text{ мкм};$$

Минимальный припуск на развертывание составит:

$$2 \cdot z_{Д24 \min} = 2 \cdot (Rz_{Д23} + h_{Д23} + \sqrt{\rho_{Д23}^2 + \varepsilon_{Д24}^2}) = 2 \cdot (40 + 45 + \sqrt{15^2 + 100^2}) = 372 \text{ мкм};$$

Минимальный припуск на развертывание после ТО составит:

$$2 \cdot Z_{81 \min} = 2 \cdot (Rz_{Д24} + h_{Д24} + \sqrt{\rho_{Д24}^2 + \varepsilon_{Д81}^2}) = 2 \cdot (15 + 20 + \sqrt{14^2 + 100^2}) = 272 \text{ мкм}.$$

Таблица 1.3 Минимальные припуски на обработку плоскостей

| Технологические переходы обработки поверхности | Элементы припуска |    |        |               | Расчетный припуск $2z_{\min}$ , мкм | Допуск Т, мкм |
|------------------------------------------------|-------------------|----|--------|---------------|-------------------------------------|---------------|
|                                                | Rz                | h  | $\rho$ | $\varepsilon$ |                                     |               |
| Размер 57h14 <sub>(-0,74)</sub>                |                   |    |        |               |                                     |               |
| Заготовка - прокат повышенной точности         | 115               | 75 | 188    | -             | -                                   | 250           |
| Подрезка торца                                 |                   |    |        | -             | 378                                 | 740           |

Отметим, что указанный торец был сформирован при отрезке предыдущей заготовки.

Согласно П2 [2, стр. 80] шероховатость поверхности и толщина дефектного поверхностного слоя для чернового точения составляют (в среднем):

$$Rz_{01} = 115 \text{ мкм}; h_{01} = 75 \text{ мкм}.$$

Пространственное отклонение определим по формуле (3.2) [2, стр. 47]. Из ПЗ [2, стр. 81]:

$$\rho_{ф01} = 38 \text{ мкм}; \rho_{р01} = 150 \text{ мкм}.$$

Тогда

$$\rho_{01} = \rho_{ф01} + \rho_{р01} = 38 + 150 = 188 \text{ мкм}.$$

Минимальный припуск на подрезку торца определим по формуле (3.5) [2, стр. 47].

$$z_{11 \min} = z_{21 \min} = Rz_{01} + h_{01} + \rho_{01} = 115 + 75 + 188 = 378 \text{ мкм};$$

### **Определение допусков на технологические размеры:**

Допуск размера исходной заготовки определим по табл. 1 П5 [2, стр. 90], где указаны предельные отклонения по диаметру сортового круглого проката из стали:

$$es = +0,3\text{мм}; ei = -1,3\text{мм}.$$

$$T_{D_{01}} = 1,6 \text{ мм}.$$

Допуски на технологические размеры определим по таблице точности П1 [2, стр. 73]:

Сверление IT13:  $T_{D_{21}} = 330 \text{ мкм};$

Рассверливание IT 12:  $T_{D_{22}} = 210 \text{ мкм};$

Зенкерование IT10:  $T_{D_{23}} = 84 \text{ мкм};$

Развертывание IT7:  $T_{D_{24}} = 21 \text{ мкм}.$

Отрезка заготовки:  $T_{A_{01}} = 250 \text{ мкм};$

Подрезка торца:  $T_{A_{11}} = T_{A_{21}} = 250 \text{ мкм}.$

Растачивание отверстия:  $T_{A_{22}} = 250 \text{ мкм}.$

Фрезерование торцевыми фрезами:  $T_{A_{33}} = 200 \text{ мкм}.$



### Расчет диаметра проката (схема а)

Среднее значение звена  $D_{12}$ :

$$D_{12}^c = D_{12} + \frac{ВОД_{12} + НОД_{12}}{2} = 80 + \frac{0 - 0,74}{2} = 79,63 \text{ мм}$$

Определяем допуск звена  $D_{01}$ :

$$TD_{01} = ВОД_{01} - НОД_{01} = 0,3 - (-1,3) = 1,6 \text{ мм}$$

Находим среднее значение припуска  $z_{D12}$ :

$$2 \cdot z_{D12}^c = 2 \cdot z_{D12\min} + \frac{TD_{12} + TD_{01}}{2} = 1,38 + \frac{0,74 + 1,6}{2} = 2,55 \text{ мм}$$

Подсчитываем среднее значение звена  $D_{01}$ :

$$D_{01}^c = D_{12}^c + 2 \cdot z_{D12}^c = 79,63 + 2,55 = 82,18 \text{ мм}$$

По формуле (3.6) [2, стр. 53] вычисляем номинальное значение звена  $D_{01}$ :

$$D_{01} = D_{01}^c - \frac{ВОД_{01} + НОД_{01}}{2} = 82,18 - \frac{0,3 - 1,3}{2} = 82,68 \text{ мм}$$

Таким образом, расчетное значение этого звена составляет  $82,68_{-1,3}^{+0,3}$  мм.

Выбираем прокат диаметром  $D_{01} = 85_{-1,3}^{+0,3}$  мм. Фактическое значение припуска  $2 \cdot z_{D12}$  будет

$$2 \cdot z_{D12\phi} = D_{01} - D_{12} = 85_{-1,3}^{+0,3} - 80_{-0,74} = 5_{-1,3}^{+1,04} \text{ мм}$$

### Расчет технологических размеров при обработке отверстия $\text{Ø}36\text{H}14(^{+0,62})$ (схема б)

Конструкторский размер  $K_{D2}$  выдерживается непосредственно, т. е. он равен технологическому размеру  $D_{21}$

$$D_{21} = K_{D2} = 36_{-0,04}^{+0,62} \text{ мм}$$

### Расчет технологических размеров при обработке отверстия $\varnothing 22^{+0,05}$ (схема в)

Начинаем расчет с рассмотрения размерной цепи  $D_{24}$ ,  $D_{81}$ ,  $2 \cdot z_{D81}$ , в которой  $D_{81} = K_{ДЗ}$ . Из указанной цепи находим  $D_{24}$ . С этой целью подсчитываем

$$D_{81}^c = D_{81} + \frac{ВОД_{81} + НОД_{81}}{2} = 22 + \frac{0,05 + 0}{2} = 22,025 \text{ мм}$$

Определяем

$$2 \cdot z_{D81}^c = z_{D81 \min} + \frac{TД_{81} + TД_{24}}{2} = 0,272 + \frac{0,05 + 0,021}{2} = 0,3075 \text{ мм}$$

и вычисляем

$$D_{24}^c = D_{81}^c - 2 \cdot z_{D81}^c = 22,025 - 0,3075 = 21,7175 \text{ мм}$$

В итоге имеем  $D_{24} = 21,7^{+0,021} \text{ мм}$ .

Далее из размерной цепи  $D_{23}$ ,  $D_{24}$ ,  $2 \cdot z_{D24}$  точно также находим  $D_{23}$ , т. е. подсчитываем

$$2 \cdot z_{D24}^c = 2 \cdot z_{D24 \min} + \frac{TД_{24} + TД_{23}}{2} = 0,372 + \frac{0,021 + 0,084}{2} = 0,4245 \text{ мм}$$

и определяем

$$D_{23}^c = D_{24}^c - 2 \cdot z_{D24}^c = 21,7105 - 0,4245 = 21,286 \text{ мм}$$

В итоге имеем  $D_{23} = 21,25^{+0,084} \text{ мм}$ .

Далее из размерной цепи  $D_{22}$ ,  $D_{23}$ ,  $2 \cdot z_{D23}$  находим  $D_{22}$ , т. е. подсчитываем

$$2 \cdot z_{D23}^c = 2 \cdot z_{D23 \min} + \frac{TД_{23} + TД_{22}}{2} = 0,532 + \frac{0,084 + 0,21}{2} = 0,679 \text{ мм}$$

и определяем

$$D_{22}^c = D_{23}^c - 2 \cdot z_{D23}^c = 21,292 - 0,679 = 20,613 \text{ мм}$$

В итоге имеем  $D_{22} = 20,5^{+0,21} \text{ мм}$ .

И, наконец, из размерной цепи  $D_{11}$ ,  $D_{22}$ ,  $2 \cdot z_{D22}$  находим  $D_{11}$ , подсчитываем

$$2 \cdot z_{D22}^c = 2 \cdot z_{D22 \min} + \frac{TД_{22} + TД_{11}}{2} = 0,642 + \frac{0,21 + 0,33}{2} = 0,912 \text{ мм}$$

и определяем

$$D_{11}^c = D_{22}^c - 2 \cdot z_{D22}^c = 20,605 - 0,912 = 19,693 \text{ мм}$$

В итоге имеем  $D_{11} = 19,5^{+0,33} \text{ мм}$ .



Рассчитываем фактические значения припусков  $2 \cdot z_{Д22}$ ,  $2 \cdot z_{Д23}$ ,  $2 \cdot z_{Д24}$  и  $2 \cdot z_{Д81}$ .

$$\begin{aligned} 2 \cdot z_{Д22\phi} &= D_{22} - D_{11} = 20,5^{+0,21}_{-0,33} - 19,5^{+0,33}_{-0,21} = 1^{+0,21}_{-0,33} \text{ мм} \\ 2 \cdot z_{Д23\phi} &= D_{23} - D_{22} = 21,25^{+0,084}_{-0,21} - 20,5^{+0,21}_{-0,21} = 0,75^{+0,084}_{-0,21} \text{ мм} \\ 2 \cdot z_{Д24\phi} &= D_{24} - D_{23} = 21,7^{+0,021}_{-0,084} - 21,25^{+0,084}_{-0,021} = 0,45^{+0,021}_{-0,084} \text{ мм} \\ 2 \cdot z_{Д81\phi} &= D_{81} - D_{24} = 22^{+0,05}_{-0,021} - 21,7^{+0,021}_{-0,021} = 0,3^{+0,05}_{-0,021} \text{ мм} \end{aligned}$$

На этом расчет диаметральных технологических размеров окончен.

### 1.7.2 Расчет продольных технологических размеров

Для расчета строится размерная схема технологического процесса изготовления полумуфты в продольном направлении (рис. 5) и граф технологических размерных цепей (рис. 6), облегчающий их выявление. Технологические размерные цепи, формирующиеся при изготовлении полумуфты, показаны на рис. 7.

Учитывая (см. предыдущий раздел), что

$$\begin{aligned} 2 \cdot z_{Д22\phi} &= 1^{+0,21}_{-0,33} \text{ мм}; \quad 2 \cdot z_{Д23\phi} = 0,75^{+0,084}_{-0,21} \text{ мм}; \\ 2 \cdot z_{Д24\phi} &= 0,45^{+0,021}_{-0,084} \text{ мм}; \quad 2 \cdot z_{Д81\phi} = 0,3^{+0,05}_{-0,021} \text{ мм}, \end{aligned}$$

имеем

$$\begin{aligned} A'_{22} &= 2 \cdot z_{Д22} / 2 = 0,5^{+0,105}_{-0,165} \text{ мм}; \quad A'_{23} = 2 \cdot z_{Д23} / 2 = 0,375^{+0,042}_{-0,105} \text{ мм}; \\ A'_{24} &= 2 \cdot z_{Д24} / 2 = 0,225^{+0,0105}_{-0,042} \text{ мм}; \quad A'_{81} = A''_{81} = 2 \cdot z_{Д81} / 2 = 0,15^{+0,025}_{-0,0105} \text{ мм}. \end{aligned}$$

Как видно из рис. 7, число составляющих звеньев в подавляющем большинстве технологических размеров не превышает двух, и поэтому их расчет будем вести методом максимума-минимума. В технологической размерной цепи № 5 число составляющих звеньев равно пяти и поэтому для ее расчета будем использовать вероятностный метод.

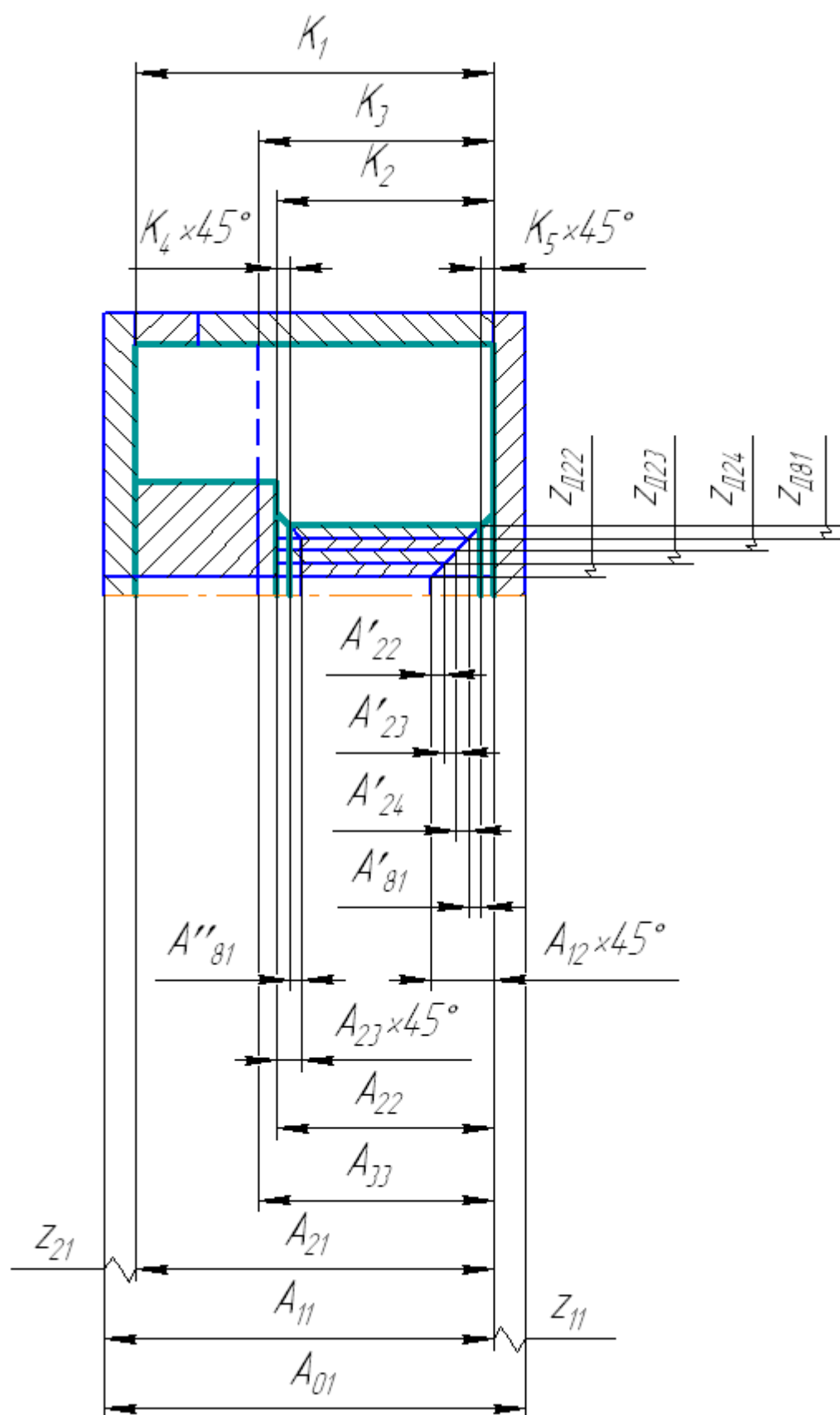


Рис. 5. Размерная схема технологического процесса изготовления полумуфты редуктора (продольное направление)

Перед началом расчета необходимо проанализировать технологические размерные цепи, замыкающимися звеньями которых являются непосредственно не выдерживаемые конструкторские размеры, и проверить возможность их обеспечения с требуемой точностью.

Для размерной цепи №4 (методом максимума-минимума):

$$TK_4 = 0,5 > 0,35 = 0,0355 + 0,3 = TA''_{81} + TA_{23}$$

Для размерной цепи №5 (вероятностным методом):

$$TK_5 = 0,5 > 0,434 = \sqrt{0,1885} = \sqrt{0,3^2 + 0,27^2 + 0,147^2 + 0,0525^2 + 0,0355^2} =$$

$$= \sqrt{TA_{12}^2 + TA_{22}'^2 + TA_{23}'^2 + TA_{24}'^2 + TA_{81}'^2}$$

Таким образом, убеждаемся, что спроектированный технологический процесс будет обеспечивать требуемую точность всех непосредственно не выдерживаемых конструкторских размеров.

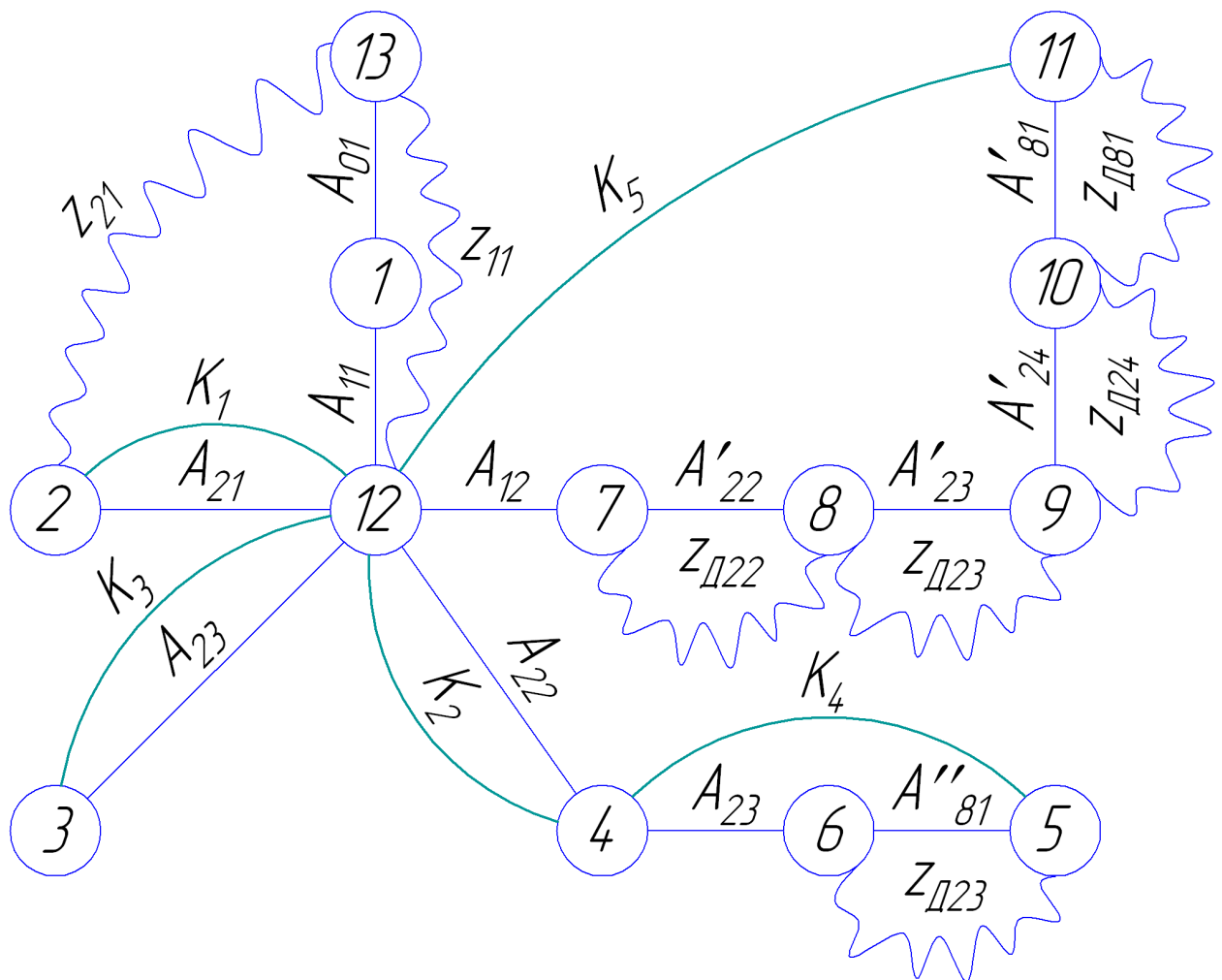


Рис. 6. Граф технологических размерных цепей

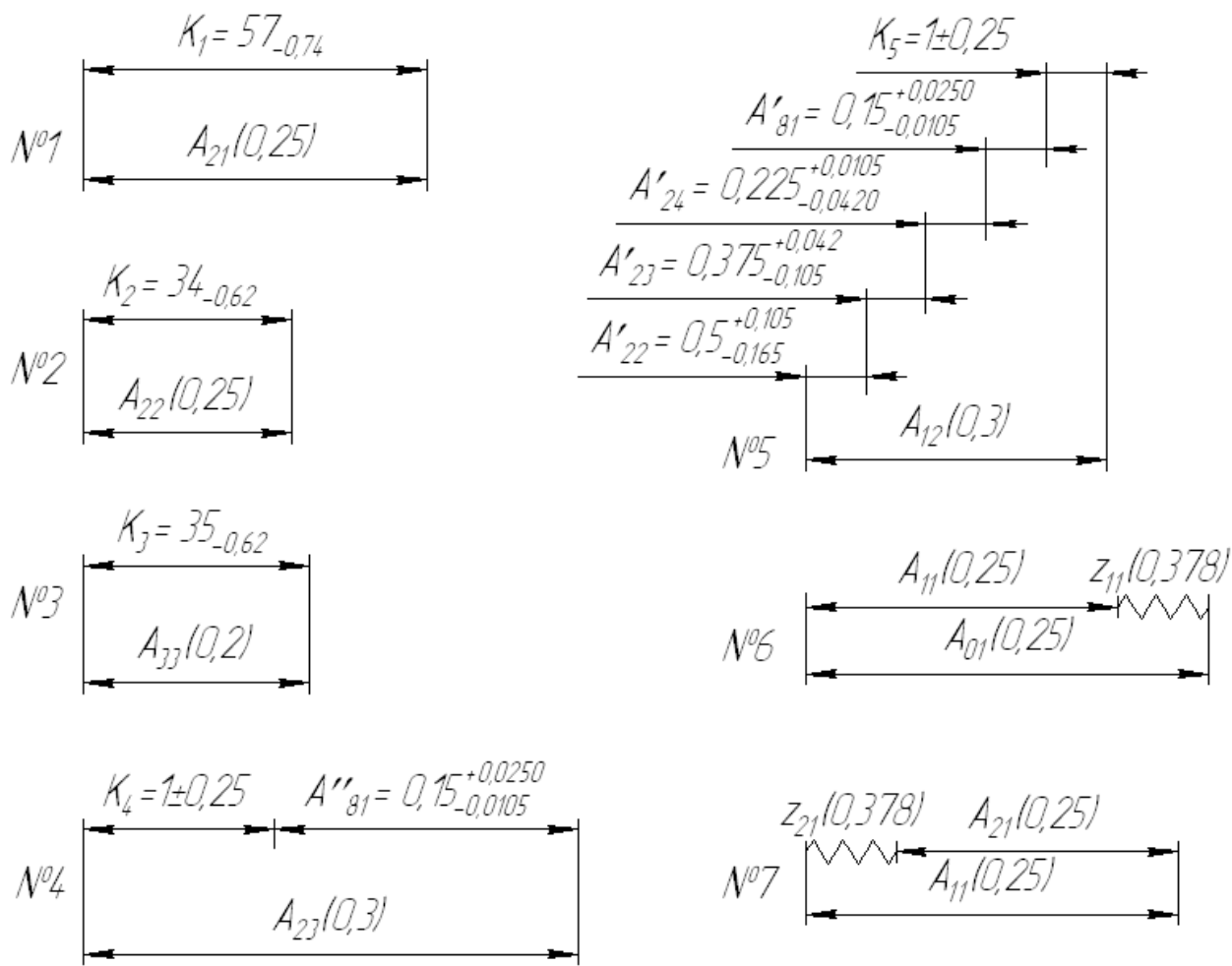


Рис. 7. Технологические размерные цепи, формирующиеся при изготовлении полумуфты (продольное направление)

Далее нужно рассмотреть двухзвенные размерные цепи №1, №2 и №3 (рис. 7). Из этих цепей имеем

$$\begin{aligned} A_{21} &= K_1 = 57_{-0,74} \text{ мм;} \\ A_{22} &= K_2 = 34_{-0,62} \text{ мм;} \\ A_{33} &= K_3 = 35_{-0,62} \text{ мм.} \end{aligned}$$

После этого последовательно рассматриваем размерные цепи (рис. 7) с одним неизвестным технологическим размером и, используя способ средних значений, в итоге определяем его номинальное значение и предельные отклонения.

Из цепи №4 найдем технологический размер  $A_{12}$ . Для этого подсчитываем его среднее значение

$$A_{12}^c = K_4^c + (TA''_{81})^c = 1 + 0,15725 = 1,15725 \text{ мм}$$

Окончательно запишем  $A_{12} = 1,16 \pm 0,15$  мм (размер не относится ни к отверстиям, ни к валам).

Из цепи №5 найдем технологический размер  $A_{23}$ . Для этого подсчитываем его среднее значение

$$\begin{aligned} A_{23}^c &= K_5^c + (TA'_{22})^c + (TA'_{23})^c + (TA'_{24})^c + (TA'_{81})^c = \\ &= 1 + 0,47 + 0,3435 + 0,20925 + 0,15725 = 2,18 \text{ мм} \end{aligned}$$

Окончательно запишем  $A_{23} = 2,18 \pm 0,15$  мм (размер не относится ни к отверстиям, ни к валам).

Из цепи № 7 найдем технологический размер  $A_{11}$ . Для этого подсчитываем

$$A_{21}^c = A_{21} + \frac{ВОД_{21} + НОД_{21}}{2} = 57 + \frac{0 - 0,74}{2} = 56,63 \text{ мм}$$

Определяем

$$z_{21}^c = z_{Д21\min} + \frac{TA_{21} + TA_{11}}{2} = 0,378 + \frac{0,74 + 0,25}{2} = 0,873 \text{ мм}$$

и вычисляем

$$A_{11}^c = A_{21}^c + z_{21}^c = 56,63 + 0,873 = 57,503 \text{ мм}$$

В итоге имеем  $A_{11} = 57,63_{-0,25}$  мм.

Из цепи № 6 найдем технологический размер  $A_{01}$ . Для этого определяем

$$z_{11}^c = z_{Д11\min} + \frac{TA_{11} + TA_{01}}{2} = 0,378 + \frac{0,25 + 0,25}{2} = 0,628 \text{ мм}$$

и вычисляем

$$A_{01}^c = A_{11}^c + z_{11}^c = 57,505 + 0,628 = 58,133 \text{ мм}$$

В итоге имеем  $A_{01} = 58,26_{-0,25}$  мм.

Рассчитываем фактические значения припусков  $z_{11}$  и  $z_{21}$ .

$$\begin{aligned} z_{11\phi} &= A_{01} - A_{11} = 58,26_{-0,25} - 57,63_{-0,25} = 0,63 \pm 0,25 \text{ мм} \\ z_{21\phi} &= A_{11} - A_{21} = 57,63_{-0,25} - 57_{-0,74} = 0,63_{-0,25}^{+0,74} \text{ мм} \end{aligned}$$

На этом расчет продольных технологических размеров окончен.

Результаты расчета продольных технологических размеров сводим в табл. 4.

Таблица 1.4

| Обозначение технологического размера | Среднее значение технологического размера | Принятое номинальное значение и предельные отклонения Технологического размера |
|--------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| $A'_{22}$                            | 0,47                                      | $0,5^{+0,105}_{-0,165}$                                                        |
| $A'_{23}$                            | 0,3435                                    | $0,375^{+0,042}_{-0,105}$                                                      |
| $A'_{24}$                            | 0,20925                                   | $0,225^{+0,0105}_{-0,042}$                                                     |
| $A'_{81} = A''_{81}$                 | 0,15725                                   | $0,15^{+0,025}_{-0,0105}$                                                      |
| $A_{21}$                             | 56,63                                     | $57_{-0,74}$                                                                   |
| $A_{22}$                             | 33,69                                     | $34_{-0,62}$                                                                   |
| $A_{33}$                             | 34,69                                     | $35_{-0,62}$                                                                   |
| $A_{12}$                             | 1,16                                      | $1,16 \pm 0,15$                                                                |
| $A_{23}$                             | 2,18                                      | $2,18 \pm 0,15$                                                                |
| $A_{11}$                             | 57,505                                    | $57,63_{-0,25}$                                                                |
| $A_{01}$                             | 58,135                                    | $58,26_{-0,25}$                                                                |

## 1.8 Расчёт режимов резания

При назначении элементов режимов резания учитывают характер обработки, тип и размеры инструмента, материал его режущей части, материал и состояние заготовки, тип и состояние оборудования.

Рассчитаем режимы резания для первой токарной операции.

### 1. Подрезка торца

Глубина резания  $t$ :  $t = z'_{11} = 0,63 \text{ мм}$ ;

Подачу  $S$  выбираем по табл. 11 [3, стр. 266], исходя из глубины резания и диаметра детали:  $S = 0,5 \text{ мм/об}$ .

Скорость резания  $v$ ,  $\text{м/мин}$  рассчитываем по эмпирической формуле [3, стр. 265]:

$$v = \frac{C_v}{(T^m \cdot t^x \cdot S^y)} \cdot K_v$$

где  $T$  - стойкость инструмента (период работы инструмента до затупления). При одноинструментной обработке обычно  $T=60 \text{ мин}$ . [3, стр. 268].

Значения коэффициента  $C_v$  и показателей степени приведены в табл. 17 [3, стр. 269]:  $C_v=350$ ;  $x=0,15$ ;  $y=0,35$ ;  $m=0,20$ .

$K_v$  - поправочный коэффициент, для получения действительного значения скорости резания:

$$K_v = K_{Mv} K_{Iv} K_{Iv}$$

где  $K_{Mv} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 0,95 \left( \frac{750}{980} \right)^1 = 0,73$  - коэффициент, учитывающий

влияние материала заготовки (сталь) по табл. 1 [3, стр.261];  $K_r = 0,95$  - коэффициент для материала инструмента (тв. сплав),  $n_v = 1$  по табл. 2 [3, стр. 262].

$K_{Iv} = 0,9$  - коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки (прокат) по табл. 5 [3, стр. 263];

$K_{Iv} = 1$  - коэффициент, учитывающий материал (твердый сплав Т15К6) режущей части по табл. 6 [3, стр. 263].

$$K_v = 0,73 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,65$$

Определяем скорость резания:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 0,63^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} \cdot 0,65 = 137,03 \text{ м/мин.}$$

Рассчитываем число оборотов шпинделя  $n_{расч}$ :

$$n_{расч} = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 137,03}{\pi \cdot 85,3} = 511,34 \text{ об/мин}$$

где  $D$ , мм – наибольший диаметр обрабатываемой поверхности.

В техническом паспорте станка находим ближайшее *меньшее* число оборотов шпинделя (*меньшее* – т.к. даже при незначительном увеличении скорости резания может произойти существенное уменьшение стойкости режущего инструмента):  $n_{np} = 500 \text{ об/мин.}$

Рассчитываем действительную (уточненную) скорость резания при принятом числе оборотов шпинделя:

$$V_o = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{np}}{1000} = \frac{\pi \cdot 85,3 \cdot 500}{1000} = 134 \text{ об/мин}$$

Главную составляющую силы резания  $P_z$ , Н рассчитываем по формуле [3, стр. 271]:

$$P_{z,v,x} = 10 C_p t^x S^y v^n K_p$$

Значения коэффициента  $C_p$  и показателей степени приведены в табл. 22 [3, стр. 273]:  $C_p = 300$ ;  $x = 1$ ;  $y = 0,75$ ;  $n = -0,15$ .

$K_p$  - поправочный коэффициент, учитывающий фактические условия резания:

$$K_v = K_{Mp} K_{\phi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{rp}$$

где  $K_{Mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{980}{750} \right)^{0,75} = 1,22$  - коэффициент, учитывающий влияние

качества обрабатываемого материала (прочности) на силовые зависимости по табл. 9 [3, стр.264];

Поправочные коэффициенты, учитывающие влияние геометрических параметров режущей части инструмента на составляющие силы резания приведены в табл. 23 [3, стр. 275]:

$K_{\phi p} = 1$  - коэффициент, учитывающий влияние главного угла в плане ( $\phi = 45^\circ$ ) на силу резания;

$K_{\gamma p} = 1$  - коэффициент, учитывающий влияние главного переднего угла в секущей плоскости ( $\gamma = 10^\circ$ ) на силу резания;

$K_{\lambda p} = 1$  - коэффициент, учитывающий влияние угла наклона главной режущей кромки ( $\lambda = 0^\circ$ ) на силу резания.

$$K_p = 1,22 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,22$$

Определяем силу резания:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,63^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 134^{0,15} \cdot 1,22 = 657,63 \text{ Н}$$

Мощность резания  $N$ , кВт рассчитываем по формуле [3, стр. 271]:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60}$$

где  $P_z$ , Н - тангенциальная составляющая силы резания (совпадающая по направлению с вектором скорости резания);

$v$ , м/мин - скорость резания.

$$N = \frac{657,63 \cdot 134}{1020 \cdot 60} = 1,44 \text{ кВт}$$

Требуемая мощность привода главного движения:

$$N_{np} = \frac{N_d}{\eta} = \frac{1,44}{0,85} = 1,69 \text{ кВт}$$

Для выполнения операции выбираем Токарно-винторезный станок 1К62. Технические характеристики станка:

Наибольший диаметр обрабатываемой детали, мм

над станиной.....400

над нижней частью суппорта.....200

Наибольшая длина обтачивания, мм.....640, 930

Число скоростей вращения шпинделя.....23

Пределы чисел оборотов шпинделя в минуту.....12,5-2000

Пределы величин подач суппорта, мм / мин

продольных.....0,07-4,16

поперечных.....0,035-2,08

Скорость быстрого продольного перемещения суппорта, м / мин.....3,4

Мощность главного электродвигателя, кВт.....7,5 или 10

## 2. Сверление отверстия на проход

Глубина резания  $t$ :  $t = 0,5D = 0,5 \cdot D_{11}^{c6} = 0,5 \cdot 19,5 = 9,75 \text{ мм}$ ;

Подачу  $S$  выбираем по табл. 25 [3, стр. 277]:  $S = 0,25 \text{ мм/об}$ .

Скорость резания  $v$ , м/мин рассчитываем по эмпирической формуле [3, стр. 265]:

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m S^y} \cdot K_v$$

где  $T = 45 \text{ мин}$  - стойкость инструмента (период работы инструмента до затупления) по табл. 30 [3, стр. 279];



Значения коэффициента  $C_v$  и показателей степени приведены в табл. 28 [3, стр. 278]:  $C_v=9,8$ ;  $q=0,4$ ;  $y=0,5$ ;  $m=0,20$ .

$K_v$  - поправочный коэффициент, для получения действительного значения скорости резания:

$$K_v = K_{Mv} K_{Iv} K_{lv},$$

$$\text{где } K_{Mv} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 0,85 \left( \frac{750}{980} \right)^{0,9} = 0,67 \text{ - коэффициент, учитывающий}$$

влияние материала заготовки (сталь) по табл. 1 [3, стр.261];  $K_{\Gamma} = 0,85$  - коэффициент для материала инструмента (быстрорежущая сталь),  $n_v = 0,9$  по табл. 2 [3, стр. 262].

$K_{Iv} = 1$  - коэффициент, учитывающий материал режущей части по табл. 6 [3, стр. 263].

$K_{lv} = 1$  - коэффициент, учитывающий глубину сверления по табл. 31 [3, стр. 280];

$$K_v = 0,67 \cdot 1 \cdot 1 = 0,67$$

Определяем скорость резания:

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m S^y} \cdot K_v = \frac{9,8 \cdot 19,5^{0,4}}{45^{0,2} \cdot 0,25^{0,5}} \cdot 0,67 = 20,123 \text{ м / мин}$$

Крутящий момент, Н·м, и осевую силу, Н, рассчитываем по формулам [3, стр. 277]:

$$M_{кр} = 10 C_M D^q S^y K_p$$

$$P_0 = 10 C_p D^q S^y K_p$$

Значения коэффициента  $C_M$  и показателей степени приведены в табл. 32 [3, стр. 281]:

для крутящего момента  $C_M=0,0345$ ;  $q=2$ ;  $y=0,8$ ;

для осевой силы  $C_p=68$ ;  $q=1$ ;  $y=0,7$ .

$$K_p = K_{Mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{980}{750} \right)^{0,75} = 1,22 \text{ - коэффициент, учитывающий}$$

влияние качества обрабатываемого материала (прочности) на силовые зависимости по табл. 9 [3, стр.264];

Определим значения крутящего момента и осевой силы:

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 19,5^2 \cdot 0,25^{0,8} \cdot 1,22 = 52,8 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$P_0 = 10 \cdot 68 \cdot 19,5^1 \cdot 0,25^{0,7} \cdot 1,22 = 6130 \text{ Н}$$

Мощность резания, кВт, определяют по формуле:

$$N_e = \frac{M_{кр} n}{9750},$$

Рассчитываем число оборотов инструмента  $n_{расч}$ :

$$n_{расч} = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 20,123}{\pi \cdot 19,5} = 328,5 \text{ об / мин}$$

где  $D$ , мм – наибольший диаметр обрабатываемой поверхности.

В техническом паспорте станка находим ближайшее меньшее число оборотов шпинделя (меньшее – т.к. даже при незначительном увеличении

скорости резания может произойти существенное уменьшение стойкости режущего инструмента):  $n_{np} = 315 \text{ об/мин}$ .

Рассчитываем действительную (уточненную) скорость резания при принятом числе оборотов шпинделя:

$$V_o = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{np}}{1000} = \frac{\pi \cdot 19,5 \cdot 315}{1000} = 19,3 \text{ об/мин}$$

Определяем значение мощности:

$$N_e = \frac{52,8 \cdot 315}{9750} = 1,71 \text{ кВт}$$

Мощность электродвигателя станка достаточна для выполнения операции.

### 3. Снятие фаски

Глубина резания  $t$ :  $t = A_{12}^c = 1,16 \text{ мм}$ ;

Подачу  $S$  выбираем по табл. 11 [3, стр. 266], исходя из глубины резания и диаметра детали:  $S = 0,35 \text{ мм/об}$ .

Скорость резания  $v$ , м/мин рассчитываем по эмпирической формуле [3, стр. 265]:

$$v = \frac{C_v}{(T^m \cdot t^x \cdot S^y)} \cdot K_v$$

где  $T$  - стойкость инструмента (период работы инструмента до затупления). При одноинструментной обработке обычно  $T=60 \text{ мин}$ . [3, стр. 268].

Значения коэффициента  $C_v$  и показателей степени приведены в табл. 17 [3, стр. 269]:  $C_v=350$ ;  $x=0,15$ ;  $y=0,35$ ;  $m=0,20$ .

$K_v$  - поправочный коэффициент, для получения действительного значения скорости резания:

$$K_v = K_{Mv} K_{Iv} K_{Hv}$$

$$\text{где } K_{Mv} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 0,95 \left( \frac{750}{980} \right)^1 = 0,73 \text{ - коэффициент, учитывающий}$$

влияние материала заготовки (сталь) по табл. 1 [3, стр.261];  $K_{\Gamma} = 0,95$  - коэффициент для материала инструмента (тв. сплав),  $n_v = 1$  по табл. 2 [3, стр. 262].

$K_{Iv} = 0,9$  - коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки (прокат) по табл. 5 [3, стр. 263];

$K_{Hv} = 1$  - коэффициент, учитывающий материал (твердый сплав Т15К6) режущей части по табл. 6 [3, стр. 263].

$$K_v = 0,73 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,65$$

Определяем скорость резания:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 1,16^{0,15} \cdot 0,35^{0,35}} \cdot 0,65 = 141,66 \text{ м/мин.}$$

Рассчитываем число оборотов шпинделя  $n_{расч}$ :

$$n_{расч} = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 141,66}{\pi \cdot 21} = 2147,3 \text{ об/мин}$$

где  $D$ , мм – наибольший диаметр обрабатываемой поверхности.

В техническом паспорте станка находим ближайшее *меньшее* число оборотов шпинделя (*меньшее* – т.к. даже при незначительном увеличении скорости резания может произойти существенное уменьшение стойкости режущего инструмента):  $n_{np} = 1500 \text{ об/мин}$ .

Рассчитываем действительную (уточненную) скорость резания при принятом числе оборотов шпинделя:

$$V_o = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{np}}{1000} = \frac{\pi \cdot 21 \cdot 1500}{1000} = 98,96 \text{ об/мин}$$

Главную составляющую силы резания  $P_z$ , Н рассчитываем по формуле [3, стр. 271]:

$$P_{z,v,x} = 10 C_p t^x S^y v^n K_p$$

Значения коэффициента  $C_p$  и показателей степени приведены в табл. 22 [3, стр. 273]:  $C_p=300$ ;  $x=1$ ;  $y=0,75$ ;  $n=-0,15$ .

$K_p$  - поправочный коэффициент, учитывающий фактические условия резания:

$$K_V = K_{Mp} K_{\varphi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{rp}$$

где  $K_{Mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{980}{750} \right)^{0,75} = 1,22$  - коэффициент, учитывающий влияние

качества обрабатываемого материала (прочности) на силовые зависимости по табл. 9 [3, стр.264];

Поправочные коэффициенты, учитывающие влияние геометрических параметров режущей части инструмента на составляющие силы резания приведены в табл. 23 [3, стр. 275]:

$K_{\varphi p} = 1$  - коэффициент, учитывающий влияние главного угла в плане ( $\varphi=45^\circ$ ) на силу резания;

$K_{\gamma p} = 1$  - коэффициент, учитывающий влияние главного переднего угла в секущей плоскости ( $\gamma=10^\circ$ ) на силу резания;

$K_{\lambda p} = 1$  - коэффициент, учитывающий влияние угла наклона главной режущей кромки ( $\lambda=0^\circ$ ) на силу резания.

$$K_p = 1,22 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,22$$

Определяем силу резания:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1,15^1 \cdot 0,35^{0,75} \cdot 98,96^{-0,15} \cdot 1,22 = 961,42 \text{ Н}$$

Мощность резания  $N$ , кВт рассчитываем по формуле [3, стр. 271]:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60}$$

где  $P_z$ , Н - тангенциальная составляющая силы резания (совпадающая по направлению с вектором скорости резания);

$v$ , м/мин - скорость резания.

$$N = \frac{961,42 \cdot 98,96}{1020 \cdot 60} = 1,55 \text{ кВт}$$

Требуемая мощность привода главного движения:

$$N_{np} = \frac{N_{\partial}}{\eta} = \frac{1,55}{0,85} = 1,83 \text{ кВт}$$

Мощность электродвигателя станка достаточна для выполнения операции.

#### 4. Обточка наружной поверхности

Глубина резания  $t$ :  $t = z_{д12}^c = 2,44 \text{ мм}$ ;

Подачу  $S$  выбираем по табл. 11 [3, стр. 266], исходя из глубины резания и диаметра детали:  $S = 0,5 \text{ мм/об}$ .

Скорость резания  $v$ , м/мин рассчитываем по эмпирической формуле [3, стр. 265]:

$$v = \frac{C_v}{(T^m \cdot t^x \cdot S^y)} \cdot K_v$$

где  $T$  - стойкость инструмента (период работы инструмента до затупления). При одноинструментной обработке обычно  $T=60 \text{ мин}$ . [3, стр. 268].

Значения коэффициента  $C_v$  и показателей степени приведены в табл. 17 [3, стр. 269]:  $C_v=350$ ;  $x=0,15$ ;  $y=0,35$ ;  $m=0,20$ .

$K_v$  - поправочный коэффициент, для получения действительного значения скорости резания:

$$K_v = K_{Mv} K_{Пv} K_{Иv}$$

$$\text{где } K_{Mv} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 0,95 \left( \frac{750}{980} \right)^1 = 0,73 \text{ - коэффициент, учитывающий}$$

влияние материала заготовки (сталь) по табл. 1 [3, стр.261];  $K_{\Gamma} = 0,95$  - коэффициент для материала инструмента (тв. сплав),  $n_v = 1$  по табл. 2 [3, стр. 262].

$K_{Пv} = 0,9$  - коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки (прокат) по табл. 5 [3, стр. 263];

$K_{Иv} = 1$  - коэффициент, учитывающий материал (твердый сплав Т15К6) режущей части по табл. 6 [3, стр. 263].

$$K_v = 0,73 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,65$$

Определяем скорость резания:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 2,44^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} \cdot 0,65 = 111,84 \text{ м/мин.}$$

Рассчитываем число оборотов шпинделя  $n_{расч}$ :

$$n_{расч} = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 111,84}{\pi \cdot 85,3} = 417,35 \text{ об/мин}$$

где  $D$ , мм – наибольший диаметр обрабатываемой поверхности.

В техническом паспорте станка находим ближайшее меньшее число оборотов шпинделя (меньшее – т.к. даже при незначительном увеличении

скорости резания может произойти существенное уменьшение стойкости режущего инструмента):  $n_{np} = 400 \text{ об/мин}$ .

Рассчитываем действительную (уточненную) скорость резания при принятом числе оборотов шпинделя:

$$V_o = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{np}}{1000} = \frac{\pi \cdot 85,3 \cdot 400}{1000} = 107,2 \text{ об/мин}$$

Главную составляющую силы резания  $P_z$   $H$  рассчитываем по формуле [3, стр. 271]:

$$P_{z,y,x} = 10 C_p t^x S^y v^n K_p$$

Значения коэффициента  $C_p$  и показателей степени приведены в табл. 22 [3, стр. 273]:  $C_p=300$ ;  $x=1$ ;  $y=0,75$ ;  $n=-0,15$ .

$K_p$  - поправочный коэффициент, учитывающий фактические условия резания:

$$K_V = K_{Mp} K_{\varphi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{rp}$$

$$\text{где } K_{Mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{980}{750} \right)^{0,75} = 1,22 \text{ - коэффициент, учитывающий влияние}$$

качества обрабатываемого материала (прочности) на силовые зависимости по табл. 9 [3, стр.264];

Поправочные коэффициенты, учитывающие влияние геометрических параметров режущей части инструмента на составляющие силы резания приведены в табл. 23 [3, стр. 275]:

$K_{\varphi p} = 1$  - коэффициент, учитывающий влияние главного угла в плане ( $\varphi=45^\circ$ ) на силу резания;

$K_{\gamma p} = 1$  - коэффициент, учитывающий влияние главного переднего угла в секущей плоскости ( $\gamma=10^\circ$ ) на силу резания;

$K_{\lambda p} = 1$  - коэффициент, учитывающий влияние угла наклона главной режущей кромки ( $\lambda=0^\circ$ ) на силу резания.

$$K_p = 1,22 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,22$$

Определяем силу резания:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2,44^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 107,2^{-0,15} \cdot 1,22 = 2633,75 \text{ Н}$$

Мощность резания  $N$ , кВт рассчитываем по формуле [3, стр. 271]:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60}$$

где  $P_z$   $H$  - тангенциальная составляющая силы резания (совпадающая по направлению с вектором скорости резания);

$v$ , м/мин - скорость резания.

$$N = \frac{2633,75 \cdot 107,2}{1020 \cdot 60} = 4,61 \text{ кВт}$$

Требуемая мощность привода главного движения:

$$N_{np} = \frac{N_o}{\eta} = \frac{4,61}{0,85} = 5,43 \text{ кВт}$$

Мощность электродвигателя станка достаточна для выполнения операции.

Рассчитаем режимы резания для второй токарной операции.

### **1. Подрезка торца**

Глубина резания  $t$ :  $t = z_{2l}^c = 0,875 \text{ мм}$ ;

Подачу  $S$  выбираем по табл. 11 [3, стр. 266], исходя из глубины резания и диаметра детали:  $S = 0,5 \text{ мм/об}$ .

Скорость резания  $v$ ,  $\text{м/мин}$  рассчитываем по эмпирической формуле [3, стр. 265]:

$$v = \frac{C_v}{(T^m \cdot t^x \cdot S^y)} \cdot K_v$$

где  $T$  - стойкость инструмента (период работы инструмента до затупления). При одноинструментной обработке обычно  $T=60 \text{ мин.}$  [3, стр. 268].

Значения коэффициента  $C_v$  и показателей степени приведены в табл. 17 [3, стр. 269]:  $C_v=350$ ;  $x=0,15$ ;  $y=0,35$ ;  $m=0,20$ .

$K_v$  - поправочный коэффициент, для получения действительного значения скорости резания:

$$K_v = K_{Mv} K_{Пv} K_{Иv}$$

$$\text{где } K_{Mv} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 0,95 \left( \frac{750}{980} \right)^1 = 0,73 \text{ - коэффициент, учитывающий}$$

влияние материала заготовки (сталь) по табл. 1 [3, стр.261];  $K_{\Gamma} = 0,95$  - коэффициент для материала инструмента (тв. сплав),  $n_v = 1$  по табл. 2 [3, стр. 262].

$K_{Пv} = 0,9$  - коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки (прокат) по табл. 5 [3, стр. 263];

$K_{Иv} = 1$  - коэффициент, учитывающий материал (твердый сплав Т15К6) режущей части по табл. 6 [3, стр. 263].

$$K_v = 0,73 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,65$$

Определяем скорость резания:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 0,875^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} \cdot 0,65 = 130,44 \text{ м/мин.}$$

Рассчитываем число оборотов шпинделя  $n_{расч}$ :

$$n_{расч} = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 130,44}{\pi 85,3} = 486,76 \text{ об/мин}$$

где  $D$ ,  $\text{мм}$  - наибольший диаметр обрабатываемой поверхности.

В техническом паспорте станка находим ближайшее *меньшее* число оборотов шпинделя (*меньшее* - т.к. даже при незначительном увеличении скорости резания может произойти существенное уменьшение стойкости режущего инструмента):  $n_{пр} = 375 \text{ об/мин}$ .

Рассчитываем действительную (уточненную) скорость резания при принятом числе оборотов шпинделя:

$$V_{\partial} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{np}}{1000} = \frac{\pi \cdot 85,3 \cdot 375}{1000} = 100,5 \text{ об/мин}$$

Главную составляющую силы резания  $P_z$   $H$  рассчитываем по формуле [3, стр. 271]:

$$P_{z,v,x} = 10 C_p t^x S^y v^n K_p$$

Значения коэффициента  $C_p$  и показателей степени приведены в табл. 22 [3, стр. 273]:  $C_p=300$ ;  $x=1$ ;  $y=0,75$ ;  $n=-0,15$ .

$K_p$  - поправочный коэффициент, учитывающий фактические условия резания:

$$K_v = K_{Mp} K_{\varphi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{rp}$$

$$\text{где } K_{Mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{980}{750} \right)^{0,75} = 1,22 \text{ - коэффициент, учитывающий влияние}$$

качества обрабатываемого материала (прочности) на силовые зависимости по табл. 9 [3, стр.264];

Поправочные коэффициенты, учитывающие влияние геометрических параметров режущей части инструмента на составляющие силы резания приведены в табл. 23 [3, стр. 275]:

$K_{\varphi p} = 1$  - коэффициент, учитывающий влияние главного угла в плане ( $\varphi=45^\circ$ ) на силу резания;

$K_{\gamma p} = 1$  - коэффициент, учитывающий влияние главного переднего угла в секущей плоскости ( $\gamma=10^\circ$ ) на силу резания;

$K_{\lambda p} = 1$  - коэффициент, учитывающий влияние угла наклона главной режущей кромки ( $\lambda=0^\circ$ ) на силу резания.

$$K_p = 1,22 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,22$$

Определяем силу резания:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,875^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 100,5^{-0,15} \cdot 1,22 = 953,67 \text{ Н}$$

Мощность резания  $N$ , кВт рассчитываем по формуле [3, стр. 271]:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60}$$

где  $P_z$   $H$  - тангенциальная составляющая силы резания (совпадающая по направлению с вектором скорости резания);

$v$ , м/мин - скорость резания.

$$N = \frac{953,67 \cdot 100,5}{1020 \cdot 60} = 1,57 \text{ кВт}$$

Требуемая мощность привода главного движения:

$$N_{np} = \frac{N_{\partial}}{\eta} = \frac{1,57}{0,85} = 1,84 \text{ кВт}$$

Для выполнения операции выбираем Токарно-револьверный станок 1П365. Технические характеристики станка:

|                                              |     |
|----------------------------------------------|-----|
| Наибольший диаметр обрабатываемой детали, мм |     |
| над станиной.....                            | 500 |
| над поперечным суппортом.....                | 320 |

|                                                                                          |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| диаметр отверстия шпинделя, мм.....                                                      | 85         |
| Пределы расстояний от торца шпинделя<br>до плоскости револьверной головки.....           | 275-1000   |
| Наибольшее поперечное перемещение поперечного суппорта, мм.....                          | 265        |
| Число скоростей вращения шпинделя.....                                                   | 12         |
| Пределы чисел оборотов шпинделя в минуту.....                                            | 34-1500    |
| Количество величин подач суппортов.....                                                  | 11         |
| Пределы величин продольных подач<br>револьверного и поперечного суппортов , мм / об..... | 0,09-2,7   |
| Пределы величин поперечных подач<br>поперечного суппортов , мм / об.....                 | 0,045-1,35 |
| Скорость быстрого продольного перемещения суппортов, м / мин.....                        | 8          |
| Мощность главного электродвигателя, кВт.....                                             | 14         |

## 2. Растачивание отверстия (напуск)

Глубина резания при растачивании:

$$t = 0,5(D-d) = 0,5(D_{2I}^{max} - D_{1I}^{сб}) = 0,5(36,62 - 19,5) = 8,56 \text{ мм};$$

Назначим глубину резания:  $t = 1 \text{ мм}$ .

Подачу  $S$  выбираем по табл. 11 [3, стр. 266], исходя из глубины резания и диаметра детали:  $S = 0,35 \text{ мм/об}$ .

Скорость резания  $v$ , м/мин рассчитываем по эмпирической формуле [3, стр. 265]:

$$v = \frac{C_v}{(T^m \cdot t^x \cdot S^y)} \cdot K_v$$

где  $T$  - стойкость инструмента (период работы инструмента до затупления). При одноинструментной обработке обычно  $T=60 \text{ мин}$ . [3, стр. 268].

Значения коэффициента  $C_v$  и показателей степени приведены в табл. 17 [3, стр. 269]:  $C_v=350$ ;  $x=0,15$ ;  $y=0,35$ ;  $m=0,20$ .

$K_v$  - поправочный коэффициент, для получения действительного значения скорости резания:

$$K_v = K_{Mv} K_{Iv} K_{Hv}$$

$$\text{где } K_{Mv} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 0,95 \left( \frac{750}{980} \right)^1 = 0,73 \text{ - коэффициент, учитывающий}$$

влияние материала заготовки (сталь) по табл. 1 [3, стр.261];  $K_{\Gamma} = 0,95$  - коэффициент для материала инструмента (тв. сплав),  $n_v = 1$  по табл. 2 [3, стр. 262].

$K_{Iv} = 0,9$  - коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки (прокат) по табл. 5 [3, стр. 263];

$K_{Hv} = 1$  - коэффициент, учитывающий материал (твердый сплав Т15К6) режущей части по табл. 6 [3, стр. 263].

$$K_v = 0,73 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,65$$



Определяем скорость резания:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 1^{0,15} \cdot 0,35^{0,35}} \cdot 0,65 = 144,85 \text{ м/мин.}$$

Рассчитываем число оборотов шпинделя  $n_{расч}$ :

$$n_{расч} = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 144,85}{\pi \cdot 36,62} = 1259,1 \text{ об/мин}$$

где  $D$ , мм – наибольший диаметр обрабатываемой поверхности.

В техническом паспорте станка находим ближайшее *меньшее* число оборотов шпинделя (*меньшее* – т.к. даже при незначительном увеличении скорости резания может произойти существенное уменьшение стойкости режущего инструмента):  $n_{np} = 1050 \text{ об/мин}$ .

Рассчитываем действительную (уточненную) скорость резания при принятом числе оборотов шпинделя:

$$V_o = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{np}}{1000} = \frac{\pi \cdot 36,62 \cdot 1050}{1000} = 120,8 \text{ об/мин}$$

Главную составляющую силы резания  $P_z$   $H$  рассчитываем по формуле [3, стр. 271]:

$$P_{z,y,x} = 10 C_p t^x S^y v^n K_p$$

Значения коэффициента  $C_p$  и показателей степени приведены в табл. 22 [3, стр. 273]:  $C_p=300$ ;  $x=1$ ;  $y=0,75$ ;  $n=-0,15$ .

$K_p$  - поправочный коэффициент, учитывающий фактические условия резания:

$$K_v = K_{Mp} K_{\varphi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{rp}$$

где  $K_{Mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{980}{750} \right)^{0,75} = 1,22$  - коэффициент, учитывающий влияние

качества обрабатываемого материала (прочности) на силовые зависимости по табл. 9 [3, стр.264];

Поправочные коэффициенты, учитывающие влияние геометрических параметров режущей части инструмента на составляющие силы резания приведены в табл. 23 [3, стр. 275]:

$K_{\varphi p} = 1,17$  - коэффициент, учитывающий влияние главного угла в плане ( $\varphi=90^\circ$ ) на силу резания;

$K_{\gamma p} = 1$  - коэффициент, учитывающий влияние главного переднего угла в секущей плоскости ( $\gamma=10^\circ$ ) на силу резания;

$K_{\lambda p} = 1$  - коэффициент, учитывающий влияние угла наклона главной режущей кромки ( $\lambda=0^\circ$ ) на силу резания.

$$K_p = 1,22 \cdot 1,17 \cdot 1 \cdot 1 = 1,43$$

Определяем силу резания:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1^1 \cdot 0,35^{0,75} \cdot 120,8^{0,15} \cdot 1,43 = 951,04 \text{ Н}$$

Мощность резания  $N$ , кВт рассчитываем по формуле [3, стр. 271]:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60}$$

где  $P_z$   $H$  - тангенциальная составляющая силы резания (совпадающая по направлению с вектором скорости резания);

$v$ , м/мин - скорость резания.

$$N = \frac{951,04 \cdot 120,8}{1020 \cdot 60} = 1,88 \text{ кВт}$$

Требуемая мощность привода главного движения:

$$N_{np} = \frac{N_d}{\eta} = \frac{1,88}{0,85} = 2,21 \text{ кВт}$$

Мощность электродвигателя станка достаточна для выполнения операции.

### 3. Рассверливание отверстия

Глубина резания  $t$ :

$$t = 0,5(D-d) = 0,5(D_{22}^{св} - D_{11}^{св}) = 0,5(20,5 - 19,5) = 0,5 \text{ мм};$$

Подачу  $S$  выбираем по табл. 25 [3, стр. 277]:  $S = 0,25 \text{ мм/об.}$

Скорость резания  $v$ , м/мин рассчитываем по эмпирической формуле [3, стр. 265]:

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S^y} \cdot K_v$$

где  $T = 45 \text{ мин}$  - стойкость инструмента (период работы инструмента до затупления) по табл. 30 [3, стр. 279];

Значения коэффициента  $C_v$  и показателей степени приведены в табл. 29 [3, стр. 278]:  $C_v = 16,2$ ;  $q = 0,4$ ;  $x = 0,2$ ;  $y = 0,5$ ;  $m = 0,20$ .

$K_v$  - поправочный коэффициент, для получения действительного значения скорости резания:

$$K_v = K_{Mv} K_{Hv} K_{lv}$$

$$\text{где } K_{Mv} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 0,85 \left( \frac{750}{980} \right)^{0,9} = 0,67 - \text{коэффициент, учитывающий}$$

влияние материала заготовки (сталь) по табл. 1 [3, стр. 261];  $K_r = 0,85$  - коэффициент для материала инструмента (быстрорежущая сталь),  $n_v = 0,9$  по табл. 2 [3, стр. 262].

$K_{Hv} = 1$  - коэффициент, учитывающий материал режущей части по табл. 6 [3, стр. 263].

$K_{lv} = 1$  - коэффициент, учитывающий глубину сверления по табл. 31 [3, стр. 280];

$$K_v = 0,67 \cdot 1 \cdot 1 = 0,67$$

Определяем скорость резания:

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S^y} \cdot K_v = \frac{16,2 \cdot 20,5^{0,4}}{45^{0,2} \cdot 0,5^{0,2} \cdot 0,25^{0,5}} \cdot 0,67 = 38,98 \text{ м/мин}$$

Крутящий момент, Н·м, и осевую силу, Н, рассчитываем по формулам [3, стр. 277]:

$$M_{кр} = 10 C_M D^q t^x S^y K_p$$

$$P_0 = 10C_p t^x S^y K_p$$

Значения коэффициента  $C_M$  и показателей степени приведены в табл. 32 [3, стр. 281]:

для крутящего момента  $C_M=0,09$ ;  $q=1$ ;  $x=0,9$ ;  $y=0,8$ ;

для осевой силы  $C_p=67$ ;  $x=1,2$ ;  $y=0,65$ .

$$K_p = K_{Mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{980}{750} \right)^{0,75} = 1,22 \quad - \quad \text{коэффициент, учитывающий}$$

влияние качества обрабатываемого материала (прочности) на силовые зависимости по табл. 9 [3, стр.264];

Определим значения крутящего момента и осевой силы:

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,09 \cdot 20,5^1 \cdot 0,5^{0,9} \cdot 0,25^{0,8} \cdot 1,22 = 3,98 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$P_0 = 10 \cdot 67 \cdot 0,5^{1,2} \cdot 0,25^{0,65} \cdot 1,22 = 144,5 \text{ Н}$$

Мощность резания, кВт, определяют по формуле:

$$N_e = \frac{M_{кр} n}{9750},$$

Рассчитываем число оборотов инструмента  $n_{расч}$ :

$$n_{расч} = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 38,98}{\pi \cdot 20,5} = 605,3 \text{ об/мин}$$

где  $D$ , мм – наибольший диаметр обрабатываемой поверхности.

В техническом паспорте станка находим ближайшее *меньшее* число оборотов шпинделя (*меньшее* – т.к. даже при незначительном увеличении скорости резания может произойти существенное уменьшение стойкости режущего инструмента):  $n_{np} = 530 \text{ об/мин}$ .

Рассчитываем действительную (уточненную) скорость резания при принятом числе оборотов шпинделя:

$$V_o = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{np}}{1000} = \frac{\pi \cdot 20,5 \cdot 530}{1000} = 34,13 \text{ об/мин}$$

Определяем значение мощности:

$$N_e = \frac{3,98 \cdot 530}{9750} = 0,22 \text{ кВт}$$

Мощность электродвигателя станка достаточна для выполнения операции.

#### 4. Зенкерование отверстия

Глубина резания  $t$ :

$$t = 0,5(D-d) = 0,5(D_{23}^{sen} - D_{22}^{сб}) = 0,5(21,25 - 20,5) = 0,375 \text{ мм};$$

Подачу  $S$  выбираем по табл. 26 [3, стр. 277]:  $S = 0,7 \text{ мм/об}$ .

Скорость резания  $v$ , м/мин рассчитываем по эмпирической формуле [3, стр. 265]:

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S^y} \cdot K_v$$

где  $T = 40 \text{ мин}$  - стойкость инструмента (период работы инструмента до затупления) по табл. 30 [3, стр. 279];

Значения коэффициента  $C_v$  и показателей степени приведены в табл. 29 [3, стр. 279]:  $C_v=16,3$ ;  $q=0,3$ ;  $x=0,2$ ;  $y=0,5$ ;  $m=0,30$ .

$K_v$  - поправочный коэффициент, для получения действительного значения скорости резания:

$$K_v = K_{Mv} K_{Iv} K_{lv}$$

$$\text{где } K_{Mv} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 0,85 \left( \frac{750}{980} \right)^{0,9} = 0,67 - \text{коэффициент, учитывающий}$$

влияние материала заготовки (сталь) по табл. 1 [3, стр.261];  $K_{\Gamma} = 0,85$  – коэффициент для материала инструмента (быстрорежущая сталь),  $n_v = 0,9$  по табл. 2 [3, стр. 262].

$K_{Iv} = 1$  - коэффициент, учитывающий материал режущей части по табл. 6 [3, стр. 263].

$K_{lv} = 1$  - коэффициент, учитывающий глубину сверления по табл. 31 [3, стр. 280];

$$K_v = 0,67 \cdot 1 \cdot 1 = 0,67$$

Определяем скорость резания:

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S^y} \cdot K_v = \frac{16,3 \cdot 21,25^{0,3}}{40^{0,3} \cdot 0,375^{0,2} \cdot 0,7^{0,5}} \cdot 0,67 = 13,14 \text{ м / мин}$$

Крутящий момент, Н·м, и осевую силу, Н, рассчитываем по формулам [3, стр. 277]:

$$M_{kp} = 10 C_M D^q t^x S^y K_p$$

$$P_o = 10 C_p t^x S^y K_p$$

Значения коэффициента  $C_M$  и показателей степени приведены в табл. 32 [3, стр. 281]:

для крутящего момента  $C_M=0,09$ ;  $q=1$ ;  $x=0,9$ ;  $y=0,8$ ;

для осевой силы  $C_p=67$ ;  $x=1,2$ ;  $y=0,65$ .

$$K_p = K_{Mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{980}{750} \right)^{0,75} = 1,22 - \text{коэффициент, учитывающий}$$

влияние качества обрабатываемого материала (прочности) на силовые зависимости по табл. 9 [3, стр.264];

Определим значения крутящего момента и осевой силы:

$$M_{kp} = 10 \cdot 0,09 \cdot 21,25^1 \cdot 0,375^{0,9} \cdot 0,7^{0,8} \cdot 1,22 = 7,26 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$P_o = 10 \cdot 67 \cdot 0,375^{1,2} \cdot 0,7^{0,65} \cdot 1,22 = 199,8 \text{ Н}$$

Мощность резания, кВт, определяют по формуле:

$$N_e = \frac{M_{kp} n}{9750},$$

Рассчитываем число оборотов инструмента  $n_{расч}$ :

$$n_{расч} = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 13,14}{\pi \cdot 21,25} = 196,78 \text{ об / мин}$$

где  $D$ , мм – наибольший диаметр обрабатываемой поверхности.

В техническом паспорте станка находим ближайшее *меньшее* число оборотов шпинделя (*меньшее* – т.к. даже при незначительном увеличении скорости резания может произойти существенное уменьшение стойкости режущего инструмента):  $n_{np} = 190 \text{ об/мин}$ .

Рассчитываем действительную (уточненную) скорость резания при принятом числе оборотов шпинделя:

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{np}}{1000} = \frac{\pi \cdot 21,25 \cdot 190}{1000} = 12,68 \text{ об/мин}$$

Определяем значение мощности:

$$N_e = \frac{7,26 \cdot 190}{9750} = 0,14 \text{ кВт}$$

Мощность электродвигателя станка достаточна для выполнения операции.

## 5. Развертывание отверстия

Глубина резания  $t$ :

$$t = 0,5(D-d) = 0,5(D_{24}^{paz} - D_{23}^{pen}) = 0,5(21,7 - 21,25) = 0,225 \text{ мм};$$

Подачу  $S$  выбираем по табл. 27 [3, стр. 278]:  $S = 1 \text{ мм/об}$ ;

$$S_z = S/z = 0,1 \text{ мм/зуб}$$

Скорость резания  $v$ , м/мин рассчитываем по эмпирической формуле [3, стр. 265]:

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S^y} \cdot K_v$$

где  $T = 80 \text{ мин}$  - стойкость инструмента (период работы инструмента до затупления) по табл. 30 [3, стр. 279];

Значения коэффициента  $C_v$  и показателей степени приведены в табл. 29 [3, стр. 279]:  $C_v = 10,5$ ;  $q = 0,3$ ;  $x = 0,2$ ;  $y = 0,65$ ;  $m = 0,40$ .

$K_v$  - поправочный коэффициент, для получения действительного значения скорости резания:

$$K_v = K_{Mv} K_{Iv} K_{lv}$$

$$\text{где } K_{Mv} = K_\Gamma \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 0,85 \left( \frac{750}{980} \right)^{0,9} = 0,67 \text{ - коэффициент, учитывающий}$$

влияние материала заготовки (сталь) по табл. 1 [3, стр.261];  $K_\Gamma = 0,85$  – коэффициент для материала инструмента (быстрорежущая сталь),  $n_v = 0,9$  по табл. 2 [3, стр. 262].

$K_{Iv} = 1$  - коэффициент, учитывающий материал режущей части по табл. 6 [3, стр. 263].

$K_{lv} = 1$  - коэффициент, учитывающий глубину сверления по табл. 31 [3, стр. 280];

$$K_v = 0,67 \cdot 1 \cdot 1 = 0,67$$

Определяем скорость резания:

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S^y} \cdot K_v = \frac{10,5 \cdot 21,7^{0,3}}{80^{0,3} \cdot 0,225^{0,2} \cdot 1^{0,65}} \cdot 0,67 = 6,41 \text{ м / мин}$$

Крутящий момент, Н·м, рассчитываем по формуле [3, стр. 280]:

$$M_{кр} = \frac{C_p t^x S_z^y D z}{2 \cdot 100}$$

Значения коэффициента  $C_p$  и показателей степени приведены в табл. 22 [3, стр. 273]:  $C_p=200$ ;  $x=1$ ;  $y=0,75$ ;

Определим значение крутящего момента:

$$M_{кр} = \frac{C_p t^x S_z^y D z}{2 \cdot 100} = \frac{200 \cdot 0,225^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 21,7 \cdot 10}{2 \cdot 100} = 8,68 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Мощность резания, кВт, определяют по формуле:

$$N_e = \frac{M_{кр} n}{9750},$$

Рассчитываем число оборотов инструмента  $n_{расч}$ :

$$n_{расч} = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 6,41}{\pi \cdot 21,7} = 94,03 \text{ об / мин}$$

где  $D$ , мм – наибольший диаметр обрабатываемой поверхности.

В техническом паспорте станка находим ближайшее *меньшее* число оборотов шпинделя (*меньшее* – т.к. даже при незначительном увеличении скорости резания может произойти существенное уменьшение стойкости режущего инструмента):  $n_{np} = 67 \text{ об/мин}$ .

Рассчитываем действительную (уточненную) скорость резания при принятом числе оборотов шпинделя:

$$V_o = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{np}}{1000} = \frac{\pi \cdot 21,7 \cdot 67}{1000} = 4,57 \text{ об / мин}$$

Определяем значение мощности:

$$N_e = \frac{8,68 \cdot 67}{9750} = 0,06 \text{ кВт}$$

Мощность электродвигателя станка достаточна для выполнения операции.

## 6. Снятие фаски

Глубина резания  $t$ :  $t = A_{23}^c = 2,18 \text{ мм}$ ;

Подачу  $S$  выбираем по табл. 11 [3, стр. 266], исходя из глубины резания и диаметра детали:  $S = 0,35 \text{ мм/об}$ .

Скорость резания  $v$ , м/мин рассчитываем по эмпирической формуле [3, стр. 265]:

$$v = \frac{C_v}{(T^m \cdot t^x \cdot S^y)} \cdot K_v$$

где  $T$  - стойкость инструмента (период работы инструмента до затупления). При одноинструментной обработке обычно  $T=60$  мин. [3, стр. 268].

Значения коэффициента  $C_v$  и показателей степени приведены в табл. 17 [3, стр. 269]:  $C_v=350$ ;  $x=0,15$ ;  $y=0,35$ ;  $m=0,20$ .

$K_v$  - поправочный коэффициент, для получения действительного значения скорости резания:

$$K_v = K_{Mv} K_{Пv} K_{Иv},$$

$$\text{где } K_{Mv} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 0,95 \left( \frac{750}{980} \right)^1 = 0,73 - \text{коэффициент, учитывающий}$$

влияние материала заготовки (сталь) по табл. 1 [3, стр.261];  $K_{\Gamma} = 0,95$  – коэффициент для материала инструмента (тв. сплав),  $n_v = 1$  по табл. 2 [3, стр. 262].

$K_{Пv} = 0,9$  - коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки (прокат) по табл. 5 [3, стр. 263];

$K_{Иv} = 1$  - коэффициент, учитывающий материал (твердый сплав Т15К6) режущей части по табл. 6 [3, стр. 263].

$$K_v = 0,73 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,65$$

Определяем скорость резания:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 2,18^{0,15} \cdot 0,35^{0,35}} \cdot 0,65 = 128,87 \text{ м / мин.}$$

Рассчитываем число оборотов шпинделя  $n_{расч}$ :

$$n_{расч} = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 128,87}{\pi \cdot 24} = 1709,2 \text{ об / мин}$$

где  $D$ , мм – наибольший диаметр обрабатываемой поверхности.

В техническом паспорте станка находим ближайшее *меньшее* число оборотов шпинделя (*меньшее* – т.к. даже при незначительном увеличении скорости резания может произойти существенное уменьшение стойкости режущего инструмента):  $n_{np} = 1500$  об/мин.

Рассчитываем действительную (уточненную) скорость резания при принятом числе оборотов шпинделя:

$$V_{\delta} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{np}}{1000} = \frac{\pi \cdot 24 \cdot 1500}{1000} = 113,1 \text{ об / мин}$$

Главную составляющую силы резания  $P_z$ ,  $H$  рассчитываем по формуле [3, стр. 271]:

$$P_{z,v,x} = 10 C_p t^x S^y v^n K_p$$

Значения коэффициента  $C_p$  и показателей степени приведены в табл. 22 [3, стр. 273]:  $C_p=300$ ;  $x=1$ ;  $y=0,75$ ;  $n=-0,15$ .

$K_p$  - поправочный коэффициент, учитывающий фактические условия резания:

$$K_v = K_{Mp} K_{\phi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{rp}$$

где  $K_{Mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{980}{750} \right)^{0,75} = 1,22$  - коэффициент, учитывающий влияние

качества обрабатываемого материала (прочности) на силовые зависимости по табл. 9 [3, стр.264];

Поправочные коэффициенты, учитывающие влияние геометрических параметров режущей части инструмента на составляющие силы резания приведены в табл. 23 [3, стр. 275]:

$K_{\varphi p} = 1$  - коэффициент, учитывающий влияние главного угла в плане ( $\varphi = 45^\circ$ ) на силу резания;

$K_{\gamma p} = 1$  - коэффициент, учитывающий влияние главного переднего угла в секущей плоскости ( $\gamma = 10^\circ$ ) на силу резания;

$K_{\lambda p} = 1$  - коэффициент, учитывающий влияние угла наклона главной режущей кромки ( $\lambda = 0^\circ$ ) на силу резания.

$$K_p = 1,22 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,22$$

Определяем силу резания:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2,18^1 \cdot 0,35^{0,75} \cdot 113,1^{-0,15} \cdot 1,22 = 1786,37 \text{ Н}$$

Мощность резания  $N$ , кВт рассчитываем по формуле [3, стр. 271]:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60}$$

где  $P_z$ , Н - тангенциальная составляющая силы резания (совпадающая по направлению с вектором скорости резания);

$v$ , м/мин - скорость резания.

$$N = \frac{1786,37 \cdot 113,1}{1020 \cdot 60} = 3,3 \text{ кВт}$$

Требуемая мощность привода главного движения:

$$N_{np} = \frac{N_{\partial}}{\eta} = \frac{1,55}{0,85} = 3,88 \text{ кВт}$$

Мощность электродвигателя станка достаточна для выполнения операции.

### Рассчитаем режимы резания для третьей операции (фрезерной)

Глубина фрезерования  $t$  и ширина фрезерования  $B$  (фреза концевая):

$$t = A_{31}^c = A_{32}^c = 20 \text{ мм}; B = A_{21}^{max} - A_{33}^{min} = 57 - 34,38 = 22,62 \text{ мм.}$$

Подачу  $S_z$  выбираем по табл. 36 [3, стр. 285]:  $S_z = 0,04 \text{ мм/зуб.}$

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S_z^y B^u z^p} \cdot K_v$$

где  $T = 80 \text{ мин}$  - стойкость инструмента (период работы инструмента до затупления) по табл. 40 [3, стр. 290].

Значения коэффициента  $C_v$  и показателей степени приведены в табл. 39 [3, стр. 286]:  $C_v = 46,7$ ;  $q = 0,45$ ;  $x = 0,5$ ;  $y = 0,5$ ;  $u = 0,1$ ;  $p = 0,1$ ;  $m = 0,33$ .

$K_v$  - поправочный коэффициент, для получения действительного значения скорости резания:



$$K_v = K_{Mv} K_{Iv} K_{Iv},$$

где  $K_{Mv} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 0,85 \left( \frac{750}{980} \right)^{1,45} = 0,577$  - коэффициент, учитывающий

влияние материала заготовки (сталь) по табл. 1 [3, стр.261];  $K_{\Gamma} = 0,85$  - коэффициент для материала инструмента,  $n_v = 1,45$  по табл. 2 [3, стр. 262].

$K_{Iv} = 0,9$  - коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки (прокат) по табл. 5 [3, стр. 263];

$K_{Iv} = 1$  - коэффициент, учитывающий материал режущей части по табл. 6 [3, стр. 263].

$$K_v = 0,577 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,52$$

Определяем скорость резания:

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S_z^y B^u z^p} \cdot K_v = \frac{46,7 \cdot 20^{0,45}}{80^{0,33} \cdot 20^{0,5} \cdot 0,04^{0,5} \cdot 22,62^{0,1} \cdot 5^{0,1}} \cdot 0,52 = 15,34 \text{ м / мин}$$

$$n = \frac{1000 v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 15,34}{\pi \cdot 20} = 244,17 \text{ об / мин}$$

В техническом паспорте станка находим ближайшее *меньшее* число оборотов шпинделя (*меньшее* - т.к. даже при незначительном увеличении скорости резания может произойти существенное уменьшение стойкости режущего инструмента):  $n_{np} = 240 \text{ об/мин}$ .

Рассчитываем действительную (уточненную) скорость резания при принятом числе оборотов шпинделя:

$$V_o = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{np}}{1000} = \frac{\pi \cdot 20 \cdot 240}{1000} = 15,08 \text{ м / мин}$$

Главную составляющую силы резания  $P_z$ ,  $H$  рассчитываем по формуле [3, стр. 282]:

$$P_z = \frac{10 C_p t^x S_z^y B^u z}{D^q n^w} K_{Mp}$$

Значения коэффициента  $C_p$  и показателей степени приведены в табл. 41 [3, стр. 291]:  $C_p = 68,2$ ;  $x = 0,86$ ;  $y = 0,72$ ;  $u = 1$ ;  $q = 0,86$ ;  $w = 0$ .

$K_p$  - поправочный коэффициент, учитывающий фактические условия резания:

$$K_v = K_{Mp} K_{\phi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{rp}$$

где  $K_{Mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{980}{750} \right)^{0,3} = 1,084$  - коэффициент, учитывающий

влияние качества обрабатываемого материала (прочности) на силовые зависимости по табл. 9 [3, стр.264];

Определяем силу резания:

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 20^{0,86} \cdot 0,04^{0,72} \cdot 22,62^1 \cdot 5}{20^{0,86} \cdot 240^0} \cdot 1,084 = 8236,82 \text{ Н}$$

Определим значение крутящего момента:

$$M_{кр} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100} = \frac{8236,82 \cdot 20}{2 \cdot 100} = 823,68 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Мощность резания  $N$ , кВт рассчитываем по формуле [3, стр. 271]:

$$N_e = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60}$$

где  $P_z$  - тангенциальная составляющая силы резания (совпадающая по направлению с вектором скорости резания);

$v$ , м/мин - скорость резания.

$$N_e = \frac{8236,82 \cdot 15,34}{1020 \cdot 60} = 2,065 \text{ кВт}$$

Требуемая мощность привода главного движения:

$$N_{np} = \frac{N_d}{\eta} = \frac{2,065}{0,85} = 2,43 \text{ кВт}$$

Для выполнения операции выбираем Вертикально-фрезерный станок 6Р11-ФЗ.

Технические характеристики станка:

Размеры рабочей поверхности стола (ширина x длина).....250x1000

Наибольшее перемещение стола:

продольное .....630

поперечное.....300

вертикальное.....350

Внутренний конус шпинделя (конусность 7:24).....50

Число скоростей шпинделя.....16

Частота вращения шпинделя, об/мин.....80-2500

Число подач стола.....Б/с

Подача стола, мм/мин:

продольная и поперечная .....0,1-4800

вертикальная.....0,1-4800

Скорость быстрого перемещения стола, мм/мин:

продольного и поперечного.....4800

вертикального.....4800

Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт.....5,5

Габаритные размеры:

длина.....4000

ширина.....2000

высота.....2220

Масса (без выносного оборудования), кг.....2760

Рассчитаем режимы резания для четвертой операции (фрезерной)

Глубина фрезерования  $t$  и ширина фрезерования  $B$  (фреза концевая):

$$t = 18,5 \text{ мм}; B = A_{42}^c = 15 \text{ мм}$$

Подачу  $S_z$  выбираем по табл. 36 [3, стр. 285]:  $S_z = 0,04 \text{ мм}$ .

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S_z^y B^u z^p} \cdot K_v$$

где  $T = 80 \text{ мин}$  - стойкость инструмента (период работы инструмента до затупления) по табл. 40 [3, стр. 290].

Значения коэффициента  $C_v$  и показателей степени приведены в табл. 39 [3, стр. 286]:  $C_v=46,7$ ;  $q=0,45$ ;  $x=0,5$ ;  $y=0,5$ ;  $u=0,1$ ;  $p=0,1$ ;  $m=0,33$ .

$K_v$  - поправочный коэффициент, для получения действительного значения скорости резания:

$$K_v = K_{Mv} K_{Iv} K_{Hv}$$

$$\text{где } K_{Mv} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 0,85 \left( \frac{750}{980} \right)^{1,45} = 0,577 - \text{коэффициент, учитывающий}$$

влияние материала заготовки (сталь) по табл. 1 [3, стр.261];  $K_{\Gamma} = 0,85$  – коэффициент для материала инструмента,  $n_v = 1,45$  по табл. 2 [3, стр. 262].

$K_{Iv} = 0,9$  - коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки (прокат) по табл. 5 [3, стр. 263];

$K_{Hv} = 1$  - коэффициент, учитывающий материал режущей части по табл. 6 [3, стр. 263].

$$K_v = 0,577 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,52$$

Определяем скорость резания:

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S_z^y B^u z^p} \cdot K_v = \frac{46,7 \cdot 20^{0,45}}{80^{0,33} \cdot 18,5^{0,5} \cdot 0,04^{0,5} \cdot 15^{0,1} \cdot 5^{0,1}} \cdot 0,52 = 16,62 \text{ м / мин}$$

$$n = \frac{1000 v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 16,62}{\pi \cdot 20} = 264,52 \text{ об / мин}$$

В техническом паспорте станка находим ближайшее *меньшее* число оборотов шпинделя (*меньшее* – т.к. даже при незначительном увеличении скорости резания может произойти существенное уменьшение стойкости режущего инструмента):  $n_{np} = 260 \text{ об/мин}$ .

Рассчитываем действительную (уточненную) скорость резания при принятом числе оборотов шпинделя:

$$V_{\partial} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{np}}{1000} = \frac{\pi \cdot 20 \cdot 260}{1000} = 16,336 \text{ м / мин}$$

Главную составляющую силы резания  $P_z$   $H$  рассчитываем по формуле [3, стр. 282]:

$$P_z = \frac{10 C_p t^x S_z^y B^u z}{D^q n^w} K_{Mp}$$

Значения коэффициента  $C_p$  и показателей степени приведены в табл. 41 [3, стр. 291]:  $C_p=68,2$ ;  $x=0,86$ ;  $y=0,72$ ;  $u=1$ ;  $q=0,86$ ;  $w=0$ .

$K_p$  - поправочный коэффициент, учитывающий фактические условия резания:

$$K_v = K_{Mp} K_{\phi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{rp}$$

где  $K_{Mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{980}{750} \right)^{0,3} = 1,084$  - коэффициент, учитывающий влияние качества обрабатываемого материала (прочности) на силовые зависимости по табл. 9 [3, стр.264];

Определяем силу резания:

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 18,5^{0,86} \cdot 0,04^{0,72} \cdot 15^1 \cdot 5}{20^{0,86} \cdot 260^0} \cdot 1,084 = 5107,87 \text{ Н}$$

Определим значение крутящего момента:

$$M_{кр} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100} = \frac{5107,87 \cdot 20}{2 \cdot 100} = 510,79 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Мощность резания  $N$ , кВт рассчитываем по формуле [3, стр. 271]:

$$N_e = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60}$$

где  $P_z$ , Н - тангенциальная составляющая силы резания (совпадающая по направлению с вектором скорости резания);

$v$ , м/мин - скорость резания.

$$N_e = \frac{5107,87 \cdot 16,336}{1020 \cdot 60} = 1,36 \text{ кВт}$$

Требуемая мощность привода главного движения:

$$N_{np} = \frac{N_e}{\eta} = \frac{1,36}{0,85} = 1,6 \text{ кВт}$$

Мощность электродвигателя станка достаточна для выполнения операции.

### Рассчитаем режимы резания для пятой операции (фрезерной)

Глубина фрезерования  $t$  и ширина фрезерования  $B$  (фреза дисковая):

$$t = A_{52}^c = 4 \text{ мм}; B = 20 \text{ мм.}$$

Подачу  $S$  выбираем по табл. 35 [3, стр. 284]:  $S = 9,6 \text{ мм/об};$

$$S_z = S/z = 0,12 \text{ мм.}$$

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S_z^y B^u z^p} \cdot K_v$$

где  $T = 120 \text{ мин}$  - стойкость инструмента (период работы инструмента до затупления) по табл. 40[3, стр. 290].

Значения коэффициента  $C_v$  и показателей степени приведены в табл. 39 [3, стр. 286]:  $C_v=53$ ;  $q=0,25$ ;  $x=0,3$ ;  $y=0,2$ ;  $u=0,2$ ;  $p=0,1$ ;  $m=0,2$ .

$K_v$  - поправочный коэффициент, для получения действительного значения скорости резания:

$$K_v = K_{Mv} K_{Iv} K_{Hv}$$

где  $K_{Mv} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 0,85 \left( \frac{750}{980} \right)^{1,45} = 0,577$  - коэффициент, учитывающий

влияние материала заготовки (сталь) по табл. 1 [3, стр.261];  $K_{\Gamma} = 0,85$  - коэффициент для материала инструмента,  $n_v = 1,45$  по табл. 2 [3, стр. 262].

$K_{\Pi v} = 0,9$  - коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки (прокат) по табл. 5 [3, стр. 263];

$K_{Hv} = 1$  - коэффициент, учитывающий материал режущей части по табл. 6 [3, стр. 263].

$$K_v = 0,577 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,52$$

Определяем скорость резания:

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S_z^y B^u z^p} \cdot K_v = \frac{53 \cdot 100^{0,25}}{120^{0,2} \cdot 4^{0,3} \cdot 0,12^{0,2} \cdot 20^{0,2} \cdot 80^{0,1}} \cdot 0,52 = 11,02 \text{ м / мин}$$

$$n = \frac{1000 v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 11,02}{\pi \cdot 100} = 35,08 \text{ об / мин}$$

В техническом паспорте станка находим ближайшее *меньшее* число оборотов шпинделя (*меньшее* - т.к. даже при незначительном увеличении скорости резания может произойти существенное уменьшение стойкости режущего инструмента):  $n_{np} = 31,5 \text{ об/мин}$ .

Рассчитываем действительную (уточненную) скорость резания при принятом числе оборотов шпинделя:

$$V_o = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{np}}{1000} = \frac{\pi \cdot 100 \cdot 31,5}{1000} = 9,9 \text{ м / мин}$$

Главную составляющую силы резания  $P_z$   $H$  рассчитываем по формуле [3, стр. 282]:

$$P_z = \frac{10 C_p t^x S_z^y B^u z}{D^q n^w} K_{Mp}$$

Значения коэффициента  $C_p$  и показателей степени приведены в табл. 41 [3, стр. 291]:  $C_p = 68,2$ ;  $x = 0,86$ ;  $y = 0,72$ ;  $u = 1$ ;  $q = 0,86$ ;  $w = 0$ .

$K_p$  - поправочный коэффициент, учитывающий фактические условия резания:

$$K_v = K_{Mp} K_{\phi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{rp}$$

где  $K_{Mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{980}{750} \right)^{0,3} = 1,084$  - коэффициент, учитывающий

влияние качества обрабатываемого материала (прочности) на силовые зависимости по табл. 9 [3, стр.264];

Определяем силу резания:

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 4^{0,86} \cdot 0,12^{0,72} \cdot 20^1 \cdot 80}{100^{0,86} \cdot 31,5^0} \cdot 1,084 = 16133,02 \text{ Н}$$

Определим значение крутящего момента:

$$M_{kp} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100} = \frac{16133,02 \cdot 100}{2 \cdot 100} = 8066,51 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Мощность резания  $N$ , кВт рассчитываем по формуле [3, стр. 271]:

$$N_e = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60}$$

где  $P_z$  - тангенциальная составляющая силы резания (совпадающая по направлению с вектором скорости резания);

$v$ , м/мин - скорость резания.

$$N_e = \frac{8066,51 \cdot 9,9}{1020 \cdot 60} = 1,3 \text{ кВт}$$

Требуемая мощность привода главного движения:

$$N_{np} = \frac{N_d}{\eta} = \frac{1,3}{0,85} = 1,53 \text{ кВт}$$

Для выполнения операции выбираем Горизонтально-фрезерный универсальный консольный станок 6Р82Г

Технические характеристики станка:

Размеры рабочей поверхности стола (ширина x длина).....320x1250

Наибольшее перемещение стола:

продольное.....800

поперечное.....250

вертикальное.....420

Внутренний конус шпинделя по ГОСТ 15945-82.....50

Число скоростей шпинделя.....18

Частота вращения шпинделя, об/мин.....31,5-1600

Число рабочих подач стола.....18

Подача стола, мм/мин

продольная.....25-1250

поперечная.....25-1250

вертикальная.....8,3-416,6

Скорость быстрого перемещения стола, мм/мин

продольного.....3000

поперечного.....3000

вертикального.....1000

Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт.....7,5

Габаритные размеры:

длина.....2305

ширина.....1950

высота.....1680

Масса, кг.....2900

Рассчитаем режимы резания для шестой операции (сверлильная)

Глубина резания  $t$ :  $t = 0,5D = 0,5 \cdot D_{св} = 0,5 \cdot 9 = 4,5$  мм;

Подачу  $S$  выбираем по табл. 25 [3, стр. 277]:  $S = 0,15$  мм/об.

Скорость резания  $v$ , м/мин рассчитываем по эмпирической формуле [3, стр. 265]:

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m S^y} \cdot K_v$$

где  $T = 25 \text{ мин}$  - стойкость инструмента (период работы инструмента до затупления) по табл. 30 [3, стр. 279];

Значения коэффициента  $C_v$  и показателей степени приведены в табл. 28 [3, стр. 278]:  $C_v=7,0$ ;  $q=0,4$ ;  $y=0,7$ ;  $m=0,20$ .

$K_v$  - поправочный коэффициент, для получения действительного значения скорости резания:

$$K_v = K_{Mv} K_{Iv} K_{lv}$$

$$\text{где } K_{Mv} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 0,85 \left( \frac{750}{980} \right)^{0,9} = 0,67 \text{ - коэффициент, учитывающий}$$

влияние материала заготовки (сталь) по табл. 1 [3, стр.261];  $K_{\Gamma} = 0,85$  - коэффициент для материала инструмента (быстрорежущая сталь),  $n_v = 0,9$  по табл. 2 [3, стр. 262].

$K_{Iv} = 1$  - коэффициент, учитывающий материал режущей части по табл. 6 [3, стр. 263].

$K_{lv} = 1$  - коэффициент, учитывающий глубину сверления по табл. 31 [3, стр. 280];

$$K_v = 0,67 \cdot 1 \cdot 1 = 0,67$$

Определяем скорость резания:

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m S^y} \cdot K_v = \frac{7,0 \cdot 9^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 0,15^{0,7}} \cdot 0,67 = 22,39 \text{ м/мин}$$

Крутящий момент, Н·м, и осевую силу, Н, рассчитываем по формулам [3, стр. 277]:

$$M_{kp} = 10 C_M D^q S^y K_p$$

$$P_o = 10 C_p D^q S^y K_p$$

Значения коэффициента  $C_M$  и показателей степени приведены в табл. 32 [3, стр. 281]:

для крутящего момента  $C_M=0,0345$ ;  $q=2$ ;  $y=0,8$ ;

для осевой силы  $C_p=68$ ;  $q=1$ ;  $y=0,7$ .

$$K_p = K_{Mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{980}{750} \right)^{0,75} = 1,22 \text{ - коэффициент, учитывающий}$$

влияние качества обрабатываемого материала (прочности) на силовые зависимости по табл. 9 [3, стр.264];

Определим значения крутящего момента и осевой силы:

$$M_{kp} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 9^2 \cdot 0,15^{0,8} \cdot 1,22 = 7,47 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 9^1 \cdot 0,15^{0,7} \cdot 1,22 = 1978,68 \text{ Н}$$

Мощность резания, кВт, определяют по формуле:

$$N_e = \frac{M_{kp} n}{9750},$$

Рассчитываем число оборотов инструмента  $n_{расч}$ :

$$n_{расч} = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 22,39}{\pi \cdot 9} = 791,82 \text{ об/мин}$$

где  $D$ , мм – наибольший диаметр обрабатываемой поверхности.

В техническом паспорте станка находим ближайшее *меньшее* число оборотов шпинделя (*меньшее* – т.к. даже при незначительном увеличении скорости резания может произойти существенное уменьшение стойкости режущего инструмента):  $n_{np} = 750 \text{ об/мин}$ .

Рассчитываем действительную (уточненную) скорость резания при принятом числе оборотов шпинделя:

$$V_o = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{np}}{1000} = \frac{\pi \cdot 9 \cdot 750}{1000} = 21,2 \text{ об/мин}$$

Определяем значение мощности:

$$N_e = \frac{7,47 \cdot 750}{9750} = 0,57 \text{ кВт}$$

Для выполнения операции выбираем Вертикально-сверлильный станок Модели 2А135.

#### Рассчитаем режимы резания для восьмой операции (токарная)

Глубина резания  $t$ :

$$t = 0,5(D-d) = 0,5(D_{81}^{аз} - D_{24}^{аз}) = 0,5(22-21,7) = 0,15 \text{ мм};$$

Подачу  $S$  выбираем по табл. 27 [3, стр. 278]:  $S = 1 \text{ мм/об}$ ;

$$S_z = S/z = 0,1 \text{ мм/зуб}$$

Скорость резания  $v$ , м/мин рассчитываем по эмпирической формуле [3, стр. 265]:

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S^y} \cdot K_v$$

где  $T = 80 \text{ мин}$  - стойкость инструмента (период работы инструмента до затупления) по табл. 30 [3, стр. 279];

Значения коэффициента  $C_v$  и показателей степени приведены в табл. 29 [3, стр. 279]:  $C_v = 10,5$ ;  $q = 0,3$ ;  $x = 0,2$ ;  $y = 0,65$ ;  $m = 0,40$ .

$K_v$  - поправочный коэффициент, для получения действительного значения скорости резания:

$$K_v = K_{Mv} K_{Hv} K_{lv}$$

$$\text{где } K_{Mv} = K_\Gamma \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 0,85 \left( \frac{750}{980} \right)^{0,9} = 0,67 \text{ - коэффициент, учитывающий}$$

влияние материала заготовки (сталь) по табл. 1 [3, стр.261];  $K_\Gamma = 0,85$  – коэффициент для материала инструмента (тв. сплав),  $n_v = 0,9$  по табл. 2 [3, стр. 262].

$K_{Hv} = 1$  - коэффициент, учитывающий материал режущей части по табл. 6 [3, стр. 263].

$K_{lv} = 1$  - коэффициент, учитывающий глубину сверления по табл. 31 [3, стр. 280];

$$K_v = 0,67 \cdot 1 \cdot 1 = 0,67$$



Определяем скорость резания:

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S^y} \cdot K_v = \frac{10,5 \cdot 22^{0,3}}{80^{0,3} \cdot 0,15^{0,2} \cdot 1^{0,65}} \cdot 0,67 = 6,98 \text{ м / мин}$$

Крутящий момент, Н·м, рассчитываем по формуле [3, стр. 280]:

$$M_{кр} = \frac{C_p t^x S_z^y D z}{2 \cdot 100}$$

Значения коэффициента  $C_p$  и показателей степени приведены в табл. 22 [3, стр. 273]:  $C_p=200$ ;  $x=1$ ;  $y=0,75$ ;

Определим значение крутящего момента:

$$M_{кр} = \frac{C_p t^x S_z^y D z}{2 \cdot 100} = \frac{200 \cdot 0,15^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 22 \cdot 10}{2 \cdot 100} = 5,87 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Мощность резания, кВт, определяют по формуле:

$$N_e = \frac{M_{кр} n}{9750},$$

Рассчитываем число оборотов инструмента  $n_{расч}$ :

$$n_{расч} = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 6,98}{\pi \cdot 22} = 100,99 \text{ об / мин}$$

где  $D$ , мм – наибольший диаметр обрабатываемой поверхности.

В техническом паспорте станка находим ближайшее *меньшее* число оборотов шпинделя (*меньшее* – т.к. даже при незначительном увеличении скорости резания может произойти существенное уменьшение стойкости режущего инструмента):  $n_{np} = 100 \text{ об/мин}$ .

Рассчитываем действительную (уточненную) скорость резания при принятом числе оборотов шпинделя:

$$V_o = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{np}}{1000} = \frac{\pi \cdot 22 \cdot 100}{1000} = 6,91 \text{ об / мин}$$

Определяем значение мощности:

$$N_e = \frac{5,87 \cdot 100}{9750} = 0,06 \text{ кВт}$$

Мощность электродвигателя станка достаточна для выполнения операции.

## 1.9 Выбор средств технологического оснащения

Ленточно-отрезной станок Модель 8544. Технические характеристики:  
Наибольший размер разрезаемого материала:

|                                                                      |           |
|----------------------------------------------------------------------|-----------|
| круглого.....                                                        | 355       |
| квадратного.....                                                     | 355x355   |
| Наибольшая длина заготовки.....                                      | 3000      |
| Размеры инструмента (ножовочного полотна, ленточной пилы или ленты): |           |
| длина (межцентровое расстояние).....                                 | 6310-6070 |
| Ширина пропила.....                                                  | 1,9       |
| Скорость резания, м/мин.....                                         | 10-100    |

|                                                               |       |
|---------------------------------------------------------------|-------|
| Рабочая подача, мм/мин.....                                   | 5-400 |
| Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт..... | 2,8   |
| Габаритные размеры:                                           |       |
| длина.....                                                    | 3045  |
| ширина.....                                                   | 3060  |
| высота.....                                                   | 1790  |
| Масса, кг.....                                                | 3300  |

#### Металлорежущие инструменты:

Токарный проходной отогнутый резец с углом в плане  $45^\circ$  с пластиной из твердого сплава Т15К6 (по ГОСТ 18868-73), Операции 1 и 2.

Токарный расточной резец с углом в плане  $95^\circ$  с пластинами из твердого сплава Т15К6 (по ГОСТ 18063-72), Операция 2.

Сверла спиральные Ø19,5, Ø20,5 и Ø9 из быстрорежущей стали Р6М5 (по ГОСТ 10930-77) с углом в плане  $118^\circ$ , Операции 1, 2 и 6.

Зенкер Ø21,25 из быстрорежущей стали Р6М5 (по ГОСТ 12489-71), Операция 2.

Развертка Ø21,7, Ø21,7 (по ГОСТ 1672-80), Операции 2 и 8.

Концевая фреза с коническим хвостовиком Ø20 (по ГОСТ 17026-71), Операции 3 и 4. Прорезная фреза Ø100 (по ГОСТ 2679-73), Операция 5.

#### 1.10 Расчет основного времени

Основное время, мин, определяем по формуле:

$$t_0 = \frac{Li}{nS},$$

где  $L$  - расчётная длина обработки, мм;  $i$  - число рабочих ходов;  $n$  - частота вращения шпинделя, об/мин;  $S$  - подача, мм/об (мм/мин).

Расчётная длина обработки:

$$L = l + l_{BP} + l_{ПЕР} + l_{CX} + l_{ПД},$$

где  $l$  - размер детали на данном переходе, мм;  $l_B$  - величина врезания инструмента, мм;  $l_{CX}$  - величина схода инструмента, мм;  $l_{ПД}$  - величина подвода инструмента, мм. Принимаем:  $l_{CX} = l_{ПД} = 1$  мм.

Величина врезания (перебега) резца:

$$l_{BP} = \frac{t}{\operatorname{tg} \varphi},$$

где  $t$  - глубина резания, мм;  $\varphi$  - угол в плане.

Тогда окончательная формула для определения основного времени:

$$t_0 = \frac{\left[ l + 2 \left( \frac{t}{\operatorname{tg} \varphi} \right) + l_{\text{CX}} + l_{\text{ПЕР}} \right] \cdot i}{n \cdot S}$$

Основное время для заготовительной операции:

$$t_0 = \frac{(85,3 + (\frac{1,9}{\operatorname{tg} 30^\circ}) + 1 + 1) \cdot 1}{60 \cdot 5} = 0,3 \text{ мин}$$

Основное время для первой токарной операции:

Переход 1 (рис. 8, а):

$$t_0 = \frac{(42,65 + (\frac{0,63}{\operatorname{tg} 45^\circ}) + 1 + 1) \cdot 1}{500 \cdot 0,5} = 0,18 \text{ мин}$$

Переход 2 (рис. 8, б):

$$t_0 = \frac{(57,63 + (\frac{9,75}{\operatorname{tg} 60^\circ}) + 1 + 1) \cdot 1}{315 \cdot 0,25} = 0,83 \text{ мин}$$

Переход 3 (рис. 8, в):

$$t_0 = \frac{(1,16 + (\frac{1,16}{\operatorname{tg} 0^\circ}) + 1 + 1) \cdot 1}{1500 \cdot 0,35} = 0,006 \text{ мин}$$

Переход 4 (рис. 8, г):

$$t_0 = \frac{(30 + (\frac{2,44}{\operatorname{tg} 45^\circ}) + 1 + 1) \cdot 1}{400 \cdot 0,5} = 0,17 \text{ мин}$$

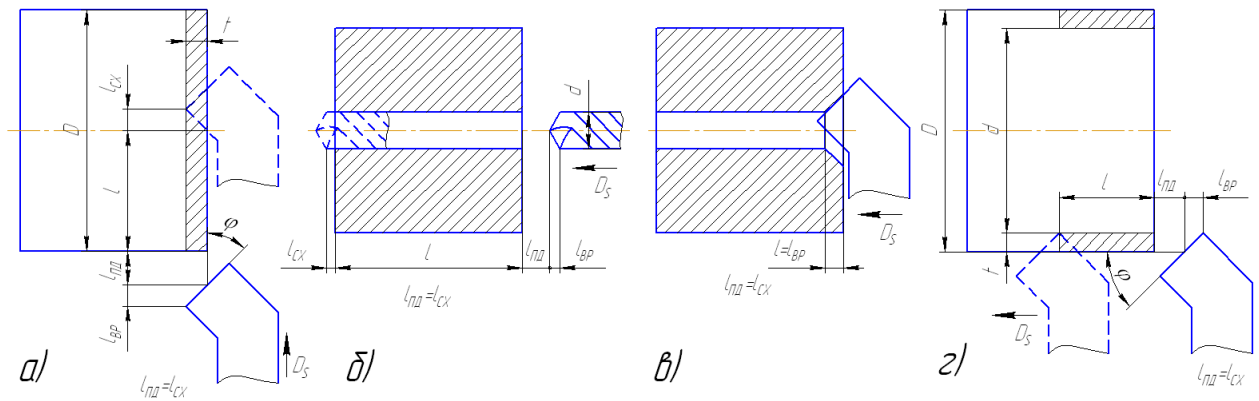


Рис. 8. Эскизы к определению основного времени для первой токарной операции: а) – для перехода 1; б) – для перехода 2; в) – для перехода 3; г) – для перехода 4

Основное время для второй токарной операции:

Переход 1 (рис. 9, а):

$$t_0 = \frac{(42,65 + (0,875 / \tan 45^\circ) + 1 + 1) \cdot 1}{375 \cdot 0,5} = 0,24 \text{ мин}$$

Переход 2 (рис. 9, б):

$$t_0 = \frac{(23,62 + 1 / \tan 95^\circ + 1 + 1) \cdot 4}{1050 \cdot 0,35} = 0,28 \text{ мин}$$

Переход 3 (рис. 9, в):

$$t_0 = \frac{(34 + 2 \cdot (0,5 / \tan 60^\circ) + 1 + 1) \cdot 1}{530 \cdot 0,25} = 0,28 \text{ мин}$$

Переход 4 (рис. 9, в):

$$t_0 = \frac{(34 + 2 \cdot (0,375 / \tan 60^\circ) + 1 + 1) \cdot 1}{190 \cdot 0,7} = 0,27 \text{ мин}$$

Переход 5 (рис. 9, в):

$$t_0 = \frac{(34 + 2 \cdot (0,225 / \tan 45^\circ) + 1 + 1) \cdot 1}{67 \cdot 1} = 0,54 \text{ мин}$$

Переход 6 (рис. 9, г):

$$t_0 = \frac{(2,18 + 2,18 / \tan 0^\circ + 1 + 1) \cdot 1}{1500 \cdot 0,35} = 0,008 \text{ мин}$$

Переход 7 (рис. 9, д):

$$t_0 = \frac{(30 + \frac{2,44}{\tan 45^\circ} + 1 + 1) \cdot 1}{400 \cdot 0,5} = 0,17 \text{ мин}$$

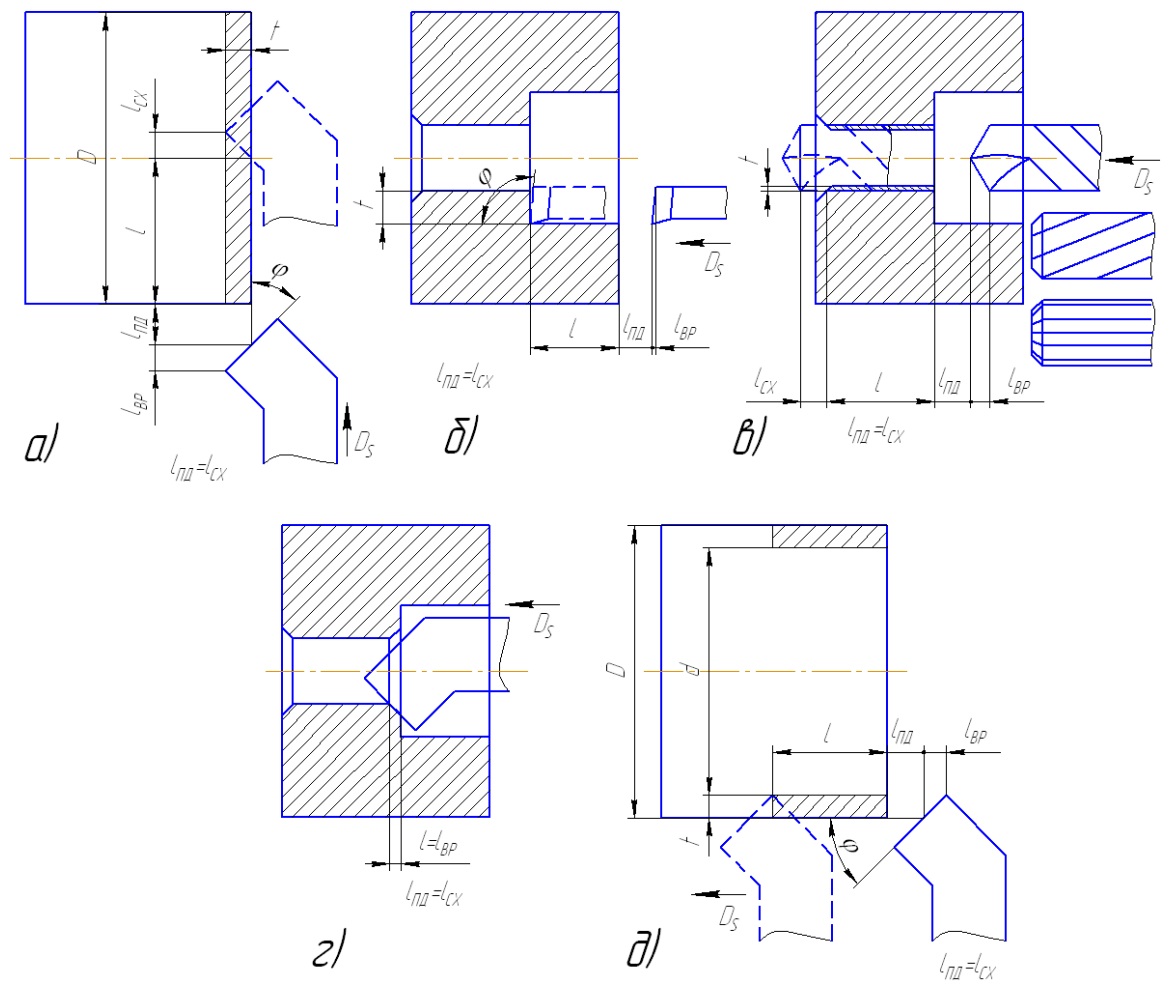


Рис. 9. Эскизы к определению основного времени для второй токарной операции: а) – для перехода 1; б) – для перехода 2; в) – для переходов 3, 4 и 5; г) – для перехода 6; д) – для перехода 7

#### Основное время для фрезерных операций (3, 4, и 5):

Операция 3 (рис. 10, а):

$$t_0 = \frac{(80 + 2 \cdot 11,3 + 1 + 1) \cdot 1}{240 \cdot 0,2} \times 2 = 4,36 \text{ мин}$$

Операция 4 (рис. 10, б):

$$t_0 = \frac{(35 + 2 \cdot 10 + 1 + 1)}{260 \cdot 0,2} \times 2 = 2,19 \text{ мин}$$

Операция 5 (рис. 10, в):

$$t_0 = \frac{(35 + 2 \cdot 45,44 + 1 + 1) \cdot 1}{31,5 \cdot 9,6} \times 3 = 1,27 \text{ мин}$$

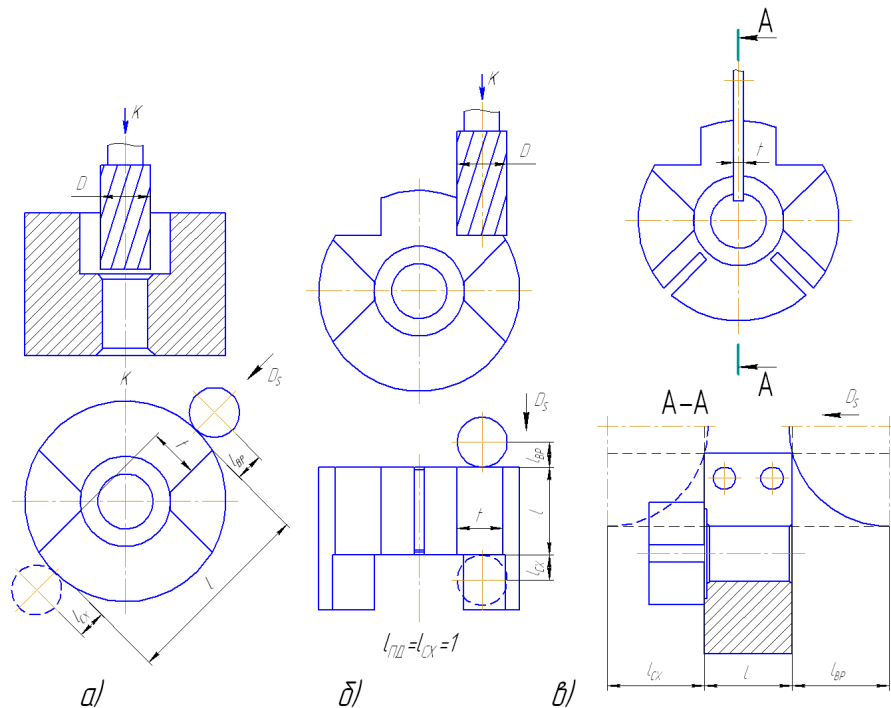


Рис. 10. Эскизы к определению основного времени для фрезерных операций: а) – для операции 3; б) – для операции 4; в) – для операции 5

#### Основное время для сверлильной операции (Операция 6)

$$t_0 = \frac{(30 + 2 \cdot (\frac{4,5}{\text{tg} 60^\circ}) + 1 + 1) \cdot 1}{750 \cdot 0,15} \times 2 = 0,62 \text{ мин}$$

#### Основное время для третьей токарной операции (Операция 8)

$$t_0 = \frac{(34 + 2 \cdot (\frac{0,15}{\text{tg} 45^\circ}) + 1 + 1) \cdot 1}{100 \cdot 1} = 0,36 \text{ мин}$$

## 2. Конструкторская часть

### 2.1 Анализ исходных данных

В качестве операции для проектирования оснастки была выбрана фрезерная операция.

Техническое задание на проектирование специального приспособления приведено в таблице

Таблица 2.1

| Раздел                                       | Содержание раздела                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Наименование и область применения            | Приспособление для установки и закрепления детали «Полумуфта редуктора» на горизонтально-фрезерном станке модели 6Р82Г                                                                                                       |
| Основание для разработки                     | Операционная карта технологического процесса механической обработки детали «Полумуфта редуктора».                                                                                                                            |
| Цель и назначение разработки                 | Проектируемое приспособление должно обеспечить: точную установку и надежное закрепление заготовки «Полумуфты редуктора» с целью получения необходимой точности размеров; удобство установки, закрепления и снятия заготовки. |
| Технические (тактико-технические) требования | <u>Тип производства</u> – среднесерийный<br><u>Программа выпуска</u> - 1000 шт. в год.<br>Установочные и присоединительные размеры приспособления должны соответствовать станку модели 6Р82Г                                 |
| Документация, подлежащая разработке          | Пояснительная записка (раздел - конструкторская часть), чертеж общего вида для технического проекта специального приспособления, спецификация, принципиальная схема сборки специального приспособления.                      |

## 2.2 Разработка принципиальной расчетной схемы и компоновка приспособления

Имея технические решения и исходные данные, представленные в техническом задании, приступаем к проектированию приспособления. Цель данного раздела – создать работоспособную, экономичную в изготовлении и отвечающую всем требованиям конструкцию приспособления.

Перед разработкой принципиальной схемы и перед компоновкой приспособления, необходимо определить относительно каких поверхностей заготовки будет происходить ее фиксация во время обработки на станке. Изобразим принципиальную схему зажима заготовки в приспособлении с указанием мест приложения силы зажима (рис. 1).

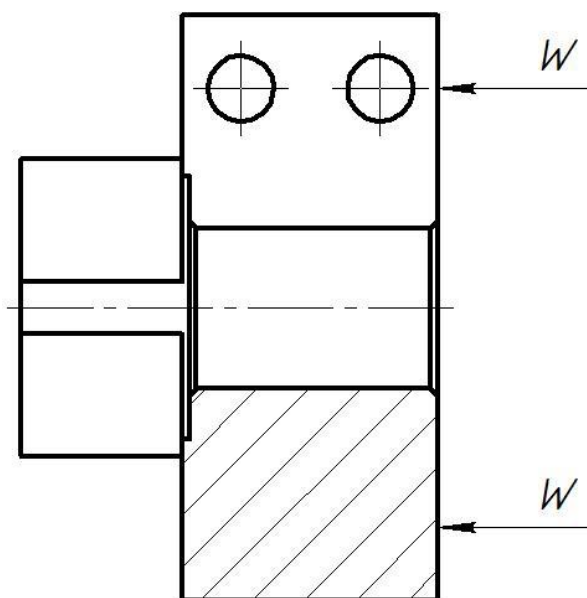


Рис. 2.1 Принципиальная схема зажима заготовки в приспособлении с указанием мест приложения силы зажима.

## 2.3 Описание конструкции и работы приспособления

Приспособление применяется для точной установки и надежного закрепления заготовки при обработке на универсальном горизонтально-фрезерном станке модели 6Р82Г.

Сборочный чертеж приспособления приведен на листе формата А2.

Приспособление состоит из корпуса, на котором смонтированы все узлы. Для закрепления заготовок используется эксцентриковый зажимной механизм, состоящий из эксцентрика, направляющей оси, стакана, пружины, ручки, шайбы и втулки.

Поверхности установочных деталей должны обладать большой износоустойчивостью. Поэтому их обычно изготавливают из сталей 15 и 20 с цементацией на глубину 0,8-1,2 мм и с последующей закалкой до твердости HRC50...55.



## 2.4 Определение необходимой силы зажима

На основе принятой схемы компоновки разрабатываем принципиальную схему расчета приспособления (рис. 2.2), учитывающий тип, число и размеры установочных и зажимных устройств.

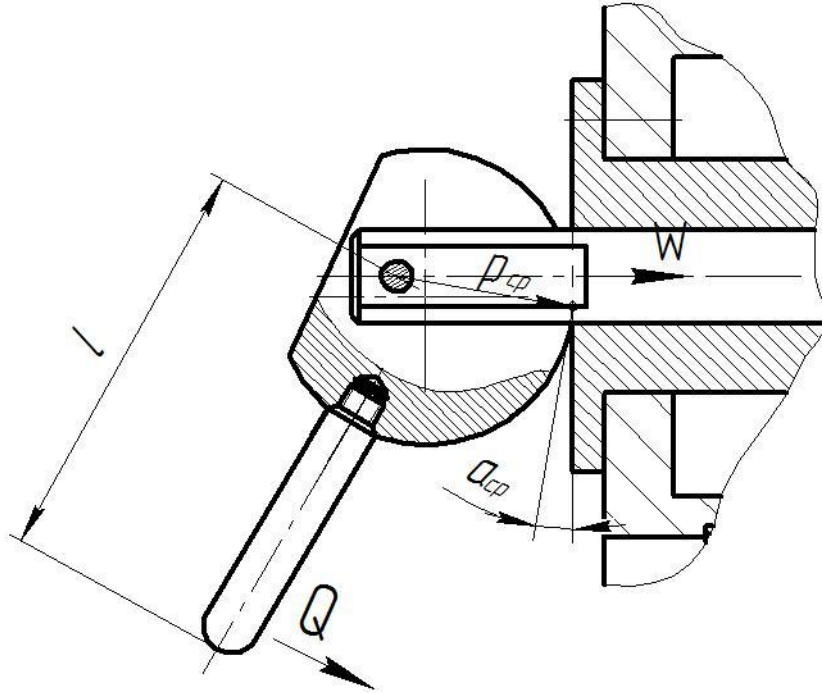


Рис 2.2. Расчетная схема.

$$W = Q \frac{l}{p_{cp}} \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha_{cp}} ;$$

$W_{cp}$  – среднее значение силы зажима

$p_{cp}$  – среднее значение радиуса, проведенного из центра вращения эксцентрика в точку М зажима

$\alpha_{cp}$  – средний угол подъема кривой эксцентрика в точке зажима

$\varphi, \varphi_1$  – угол трения скольжения в точке М зажима и на оси эксцентрика.

$$Q = \frac{W \operatorname{tg} \alpha_{cp} p_{cp}}{l} = \frac{196,12 * 0,6 * 20}{55} = 42,7 \text{ Н}$$

$$Q = 42,7 \text{ Н} = 4,27 \text{ кгс}$$

Сила зажатия равна 4,27 кгс. Нет необходимости использовать специальный привод, необходимое усилие можно достичь вручную.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

| Группа | ФИО                             |
|--------|---------------------------------|
| 3-8Л61 | Лукиянову Константину Петровичу |

| Школа               | ИШНПТ       | Отделение (НОЦ)           | Материаловедения        |
|---------------------|-------------|---------------------------|-------------------------|
| Уровень образования | Бакалавриат | Направление/специальность | 15.03.01 Машиностроение |

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

|                                                                                                                                      |                                                                                                                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих | Примерный бюджет проекта – 202524,6 руб. В реализации проекта задействованы два человека: руководитель, инженер     |
| 2. Нормы и нормативы расходования ресурсов                                                                                           | Районный коэффициент 30%;<br>Накладные расходы 10%;<br>Минимальный размер оплаты труда (на 01.01.2021) – 16630 руб. |
| 3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования                                  | Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30%                                                          |

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

|                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ                                                     | Описание потенциальных потребителей, анализ конкурентных технических решений, SWOT-анализ                                                                                                             |
| 2. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок | Планирование работ, разработка диаграммы Ганта, формирование бюджета затрат.                                                                                                                          |
| 3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности                                           | Оценка сравнительной эффективности исследования.<br>Интегральный показатель ресурсоэффективности – 4,51<br>Интегральный показатель эффективности – 6,71<br>Сравнительная эффективность проекта – 1,97 |

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)**

|                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------|
| 1. Оценка конкурентоспособности НТИ                               |
| 2. Матрица SWOT                                                   |
| 3. График проведения и бюджет НТИ                                 |
| 4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ |

|                                                             |  |
|-------------------------------------------------------------|--|
| <b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b> |  |
|-------------------------------------------------------------|--|

**Задание выдал консультант:**

| Должность        | ФИО            | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|----------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ОСГН ШБИП | Трубченко Т.Г. | К.э.н., доцент         |         |      |

**Задание принял к исполнению студент:**

| Группа | ФИО                          | Подпись | Дата |
|--------|------------------------------|---------|------|
| 3-8Л61 | Лукиянов Константин Петрович |         |      |

### 3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Цель раздела - комплексное описание и анализ финансово-экономических аспектов выполненной работы. Необходимо оценить полные денежные затраты на разработку технологического процесса, а также дать хотя бы приближенную экономическую оценку результатов внедрения. Это в свою очередь позволит с помощью традиционных показателей эффективности инвестиций оценить экономическую целесообразность осуществления работы. Раздел должен быть завершен комплексной оценкой научно-технического уровня ВКР на основе экспертных данных.

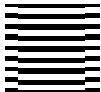
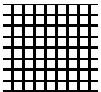
#### 3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

##### 3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование. Так как в данном случае потребители относятся к коммерческой категории, то критерием сегментирования является размер предприятия.

|                 |         | Вид работ                                                                           |                                                                                      |
|-----------------|---------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|                 |         | Разработка технологического процесса                                                | Изготовление детали                                                                  |
| Размер компании | Крупные |  |  |
|                 | Средние |  |                                                                                      |
|                 | Мелкие  |                                                                                     |  |

Рисунок 3.1 – Карта сегментирования рынка услуг по коррозионной защите трубопроводов:

 – Компания 1     – Компания 2     – Компания 3

Как видно из рисунка 3.1, наиболее перспективной компанией является компания 1, так как она задействована во всех сегментах рынка.

### 3.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения. Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum_{i=1}^n B_i \cdot B_{i1}$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки;

$B_i$  – вес показателя (в долях единиц);

$B_{i1}$  – балл  $i$ -го показателя.

Таблица 3.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

| Критерии оценки                                         | Вес критерия | Баллы      |           |           | Конкурентоспособность |             |             |
|---------------------------------------------------------|--------------|------------|-----------|-----------|-----------------------|-------------|-------------|
|                                                         |              | $B_{\phi}$ | $B_{k1}$  | $B_{k2}$  | $K_{\phi}$            | $K_{k1}$    | $K_{k2}$    |
| 1                                                       | 2            | 3          | 4         | 5         | 6                     | 7           | 8           |
| <b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b> |              |            |           |           |                       |             |             |
| 1.Производительность                                    | 0,2          | 5          | 3         | 2         | 1                     | 0,6         | 0,4         |
| 2.Срок службы                                           | 0,4          | 5          | 3         | 4         | 2                     | 1,2         | 1,6         |
| <b>Экономические критерии оценки эффективности</b>      |              |            |           |           |                       |             |             |
| 1.Конкурентоспособность продукта                        | 0,08         | 4          | 4         | 2         | 0,32                  | 0,32        | 0,16        |
| 2.Уровень проникновения на рынок                        | 0,02         | 3          | 4         | 5         | 0,06                  | 0,08        | 0,1         |
| 3. Цена                                                 | 0,05         | 2          | 3         | 4         | 0,1                   | 0,15        | 0,2         |
| 4.Предполагаемый срок эксплуатации                      | 0,04         | 5          | 3         | 4         | 0,2                   | 0,12        | 0,16        |
| 5. Послепродажное обслуживание                          | 0,04         | 5          | 4         | 4         | 0,2                   | 0,16        | 0,16        |
| 6.Финансирование научной разработки                     | 0,06         | 4          | 4         | 2         | 0,24                  | 0,24        | 0,21        |
| 7.Срок выхода на рынок                                  | 0,05         | 3          | 4         | 4         | 0,15                  | 0,2         | 0,2         |
| 8.Наличие сертификации разработки                       | 0,06         | 4          | 5         | 5         | 0,24                  | 0,3         | 0,3         |
| <b>Итого</b>                                            | <b>1</b>     | <b>40</b>  | <b>37</b> | <b>36</b> | <b>4,51</b>           | <b>3,37</b> | <b>3,49</b> |

$B_{\phi}$  – Продукт исследовательской работы;

$B_{k1}$  – Продукт компании ОАО «ТЭМЗ имени В.В. Вахрушева»;

$B_{k2}$  – «Сибирский машиностроительный завод»;

Таким образом, на основании таблицы 9 можно сделать вывод, что разработанный в ходе исследовательской работы технологический процесс может составить серьезную конкуренцию уже имеющимся на российском рынке производителям. Главными преимуществами данной разработки является довольно высокая производительность и срок службы при относительно низкой цене.

### 3.1.3. SWOT – анализ

SWOT – анализ представляет собой комплексный анализ инженерного проекта. Его применяют для того, чтобы перед организацией или менеджером проекта появилась отчетливая картина, состоящая из лучшей возможной информации и данных, а также сложилось понимание внешних сил, тенденций и подводных камней, в условиях которых научно исследовательский проект будет реализовываться.

В первом этапе обычно описываются сильные и слабые стороны проекта, а также возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

В таблице 3.2 описаны сильные и слабые стороны проекта, а также возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут проявиться в его внешней среде. Результаты первого этапа SWOT – анализа:

Таблица 3.2 – Матрица SWOT

|                                                                                                                                                                                                                                         | <b>Сильные стороны научно-технологического решения:</b><br>С1.Высокое качество получаемой продукции<br>С2.Широкая область применения<br>С3.Более низкая стоимость производства<br>С4.Квалифицированный персонал<br>С5.Актуальность проекта | <b>Слабые стороны технологического решения:</b><br>Сл1.Требуется два источника питания<br>Сл2. Отсутствие квалифицированного персонала<br>Сл3.Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Возможности:</b><br>В1.Регулирование производительности<br>В2.Получение качественных деталей<br>В3.Повышение стоимости конкурентных разработок<br>В4.Уменьшение экологического ущерба;<br>В5.Дистанционное регулирование параметров. |                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Угрозы:</b><br>У1. Появление новых технологий<br>У2. Отсутствие спроса на новые технологии производства<br>У3. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства                                   |                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                              |

После того как сформулированы четыре области SWOT переходим к реализации второго этапа. Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений. Интерактивная матрица проекта представлена в таблице 3.2 и таблицах 3.3.

Таблица 3.3 – Интерактивная матрица проекта

| Сильные стороны проекта |    |    |    |    |    |    |
|-------------------------|----|----|----|----|----|----|
| Возможности проекта     |    | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 |
|                         | B1 | +  | -  | -  | +  | -  |
|                         | B2 | -  | -  | +  | +  | +  |
|                         | B3 | 0  | -  | +  | +  | +  |
|                         | B4 | +  | -  | 0  | +  | +  |
|                         | B5 | +  | -  | +  | +  | +  |

| Слабые стороны проекта |    |     |     |     |
|------------------------|----|-----|-----|-----|
| Возможности проекта    |    | Сл1 | Сл2 | Сл3 |
|                        | B1 | -   | -   | -   |
|                        | B2 | -   | -   | +   |
|                        | B3 | +   | -   | +   |
|                        | B4 | +   | +   | +   |
|                        | B5 | -   | -   | -   |

| Сильные стороны проекта |    |    |    |    |    |    |
|-------------------------|----|----|----|----|----|----|
| Угрозы проекта          |    | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 |
|                         | У1 | -  | +  | +  | -  | -  |
|                         | У2 | -  | +  | +  | -  | -  |
|                         | У3 | -  | +  | +  | -  | -  |

| Слабые стороны проекта |    |     |     |     |
|------------------------|----|-----|-----|-----|
| Угрозы проекта         |    | Сл1 | Сл2 | Сл3 |
|                        | У1 | -   | -   | +   |
|                        | У2 | -   | -   | +   |
|                        | У3 | -   | +   | +   |

В таблице 3.4 представлена итоговая матрица SWOT–анализа.

Таблица 3.4 – Итоговый SWOT анализ

|                                                                                                                                                                                                                                              | <b>Сильные стороны научно-технологического решения:</b><br>С1. Высокое качество получаемой продукции<br>С2. Широкая область применения<br>С3. Более низкая стоимость производства<br>С4. Квалифицированный персонал<br>С5. Актуальность проекта | <b>Слабые стороны технологического решения:</b><br>Сл1. Требуется два источника питания<br>Сл2. Отсутствие квалифицированного персонала<br>Сл3. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Возможности:</b><br>В1. Регулирование производительности<br>В2. Получение качественных деталей<br>В3. Повышение стоимости конкурентных разработок<br>В4. Уменьшение экологического ущерба;<br>В5. Дистанционное регулирование параметров. | В результате получения высокого качества продукции, возможно, регулирования производительности.                                                                                                                                                 | Отсутствие квалифицированного персонала влияет на получение качественных сварных соединений.                                                                                                                                   |
| <b>Угрозы:</b><br>У1. Появление новых технологий<br>У2. Отсутствие спроса на новые технологии производства<br>У3. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства                                        | Когда продукция имеет широкую область применения, спрос на новые технологии производства отсутствует.                                                                                                                                           | Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца влияет на появление новых технологий изготовления детали.                                                                                       |

Результаты, полученные в ходе SWOT-анализа учитываются при разработке структуры и проектирования работ, выполняемых в рамках научно-исследовательского проекта.

## 3.2 Планирование научно–исследовательских работ

### 3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Таблица 3.5 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

| Основные этапы                                 | № раб. | Содержание работ                                                   | Должность исполнителя     |
|------------------------------------------------|--------|--------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| Выбор темы исследования                        | 1      | Календарное планирование работ по теме                             | Руководитель, исполнитель |
|                                                | 2      | Выбор алгоритма исследований                                       | Руководитель              |
|                                                | 3      | Подбор и изучение литературы по теме                               | Исполнитель               |
| Разработка технического задания                | 4      | Составление и утверждение тех. задания                             | Руководитель              |
| Теоретические и экспериментальные исследования | 5      | Проведение теоретического анализа существующих технических решений | Исполнитель               |
|                                                | 6      | Проведение теоретических расчетов и обоснование                    | Исполнитель               |
| Обобщение и оценка результатов                 | 7      | Оценка результатов исследования                                    | Руководитель, исполнитель |
| Оформление отчета по исследовательской работе  | 8      | Составление пояснительной записки                                  | Руководитель, исполнитель |



### 3.2.2 Определение трудоемкости выполняемых работ

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ожі}$  используется формула:

$$t_{ожі} = \frac{3 \cdot t_{min_i} + 2 \cdot t_{max_i}}{5},$$

где  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы, человеко-дни;

$t_{min_i}$  – минимальная возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предложении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), человеко-дни;

$t_{max_i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предложении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), человеко-дни.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями по формуле:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i},$$

где  $T_{pi}$  – продолжительность  $i$ -ой работы, раб. дн.;

$t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы, чел.-дн.;

$Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на  $i$ -ом этапе, чел.

### 3.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

В рамках планирования работ необходимо составить графическое представление графика выполнения работы. Для выполнения подойдет диаграмма Ганта, которая является наиболее наглядной формой представления. Диаграмма Ганта является ленточным графиком, отражающим всю необходимую информацию по каждому этапу работ, например, дата начала этапа, временную протяжённость его выполнения, исполнителя работ. В связи с тем, что в диаграмме Ганта используются календарные дни, то необходимо перевести длительность каждого из этапов работы в календарные дни. Формула перевода:

Для расчета длительности работ в календарных днях, используется формула:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал},$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -ой работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность  $i$ -ой работы, раб. дней;

$k_{кал}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}},$$

где  $T_{\text{кал}}$  – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$  – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$  – количество праздничных дней в году.

Округлим до целого числа количество календарных дней по каждой работе  $T_{ki}$  и сведем рассчитанные значения в одну таблицу (таблица 4.8).

В качестве примера расчета рассмотрим руководителя (6 дневная рабочая неделя) – составление и утверждение технического задания:

$$t_{\text{ож}} = \frac{3 \cdot t_{\text{min}_i} + 2 \cdot t_{\text{max}_i}}{5} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 2}{5} = 1,4 \approx 2 \text{ чел} - \text{дней}$$

$$T_p = \frac{t_{\text{ож}}}{\text{ч}} = \frac{2}{1} = 2 \text{ дня}$$

В 2021 году –  $T_{\text{кал}} = 365$  дней,  $T_{\text{вых}} = 118$  дней,

Подставим численные значения в формулу:

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48$$

$$T_k = T_p \cdot k_{\text{кал}} = 2 \cdot 1,48 = 2,96 \approx 3 \text{ дня}$$

Инженер (5 дневная рабочая неделя) – подбор и изучение материалов:

$$t_{\text{ож}} = \frac{3 \cdot t_{\text{min}_i} + 2 \cdot t_{\text{max}_i}}{5} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 2}{5} = 1,4 \approx 2 \text{ чел} - \text{дней}$$

$$T_p = \frac{t_{\text{ож}}}{\text{ч}} = \frac{2}{1} = 2 \text{ дня}$$

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48$$

$$T_k = T_p \cdot k_{\text{кал}} = 2 \cdot 1,48 = 2,96 \approx 3 \text{ дня}$$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе, округляют до целого числа и заносят в таблицу.

Таблица 3.6 – Временные показатели проведения научной разработки

| Название<br>работы                                | Трудоёмкость работ           |         |                              |         |                            |         | Длительность<br>работ в<br>рабочих днях<br>$T_{pi}$ |         | Длительность<br>работ в<br>календарных<br>днях $T_{ki}$ |         |
|---------------------------------------------------|------------------------------|---------|------------------------------|---------|----------------------------|---------|-----------------------------------------------------|---------|---------------------------------------------------------|---------|
|                                                   | $t_{min_i}$<br>, чел-<br>дни |         | $t_{max_i}$<br>, чел-<br>дни |         | $t_{ожі}$<br>, чел-<br>дни |         |                                                     |         |                                                         |         |
|                                                   | Руководитель                 | Инженер | Руководитель                 | Инженер | Руководитель               | Инженер | Руководитель                                        | Инженер | Руководитель                                            | Инженер |
| Составление и утверждение<br>технического задания | 1                            |         | 2                            |         | 2                          |         | 2                                                   |         | 3                                                       |         |
| Подбор и изучение<br>материалов по теме           |                              | 5       |                              | 8       |                            | 7       |                                                     | 7       |                                                         | 11      |
| Проведение исследования<br>технических стандартов |                              | 3       |                              | 4       |                            | 4       |                                                     | 4       |                                                         | 6       |
| Выбор на направления<br>исследований              | 3                            |         | 5                            |         | 4                          |         | 4                                                   |         | 5                                                       |         |
| Календарное планирование<br>работ по теме         |                              | 4       |                              | 9       |                            | 6       |                                                     | 6       |                                                         | 9       |
| Описание и анализ<br>предметной области           |                              | 4       |                              | 8       |                            | 6       |                                                     | 6       |                                                         | 9       |
| Проектирование<br>программного модуля             |                              | 2       |                              | 4       |                            | 8       |                                                     | 8       |                                                         | 12      |
| Программная реализация                            |                              | 5       |                              | 8       |                            | 7       |                                                     | 7       |                                                         | 11      |
| Тестирование<br>программного обеспечения          |                              | 3       |                              | 6       |                            | 5       |                                                     | 5       |                                                         | 8       |
| Сопоставление результатов<br>экспериментов        | 2                            |         | 3                            |         | 3                          |         |                                                     | 5       |                                                         | 8       |
| Технико-экономические<br>расчеты                  |                              | 3       |                              | 7       |                            | 5       |                                                     | 5       |                                                         | 8       |
| Вопросы безопасности и<br>экологичности проекта   |                              | 3       |                              | 7       |                            | 5       | 3                                                   |         | 4                                                       |         |
| Оценка эффективности<br>полученных результатов    |                              | 1       |                              | 3       |                            | 2       |                                                     | 2       |                                                         | 3       |
| Итого дней (руководитель)                         |                              |         |                              |         |                            |         |                                                     |         | 12                                                      |         |
| Итого дней (инженер)                              |                              |         |                              |         |                            |         |                                                     |         | 85                                                      |         |
| Итого дней (проект)                               |                              |         |                              |         |                            |         |                                                     |         | 97                                                      |         |

Основываясь на данных из таблицы 3.7, составим календарный план- график, рисунок 2. Разобьём график по неделям (7 дней).














| №  | Название задачи                                | Начало     | Окончание  | Длительность | фев 2021                                                                              |       | мар 2021 |      |       |       | апр 2021 |      |       |       | май 2021 |     |      |      |
|----|------------------------------------------------|------------|------------|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-------|----------|------|-------|-------|----------|------|-------|-------|----------|-----|------|------|
|    |                                                |            |            |              | 18.10                                                                                 | 25.10 | 1.11     | 8.11 | 15.11 | 22.11 | 29.11    | 6.12 | 13.12 | 20.12 | 27.12    | 3.1 | 10.1 | 17.1 |
| 1  | Составление и утверждение технического задания | 16.02.2021 | 18.02.2021 | 3д           |    |       |          |      |       |       |          |      |       |       |          |     |      |      |
| 2  | Подбор и изучение материалов по теме           | 19.02.2021 | 29.02.2021 | 11д          |    |       |          |      |       |       |          |      |       |       |          |     |      |      |
| 3  | Проведение исследования технических стандартов | 30.02.2021 | 04.03.2021 | 6д           |    |       |          |      |       |       |          |      |       |       |          |     |      |      |
| 4  | Выбор направления исследований                 | 05.03.2021 | 09.03.2021 | 5д           |    |       |          |      |       |       |          |      |       |       |          |     |      |      |
| 5  | Календарное планирование работ по теме         | 10.03.2021 | 18.03.2021 | 9д           |    |       |          |      |       |       |          |      |       |       |          |     |      |      |
| 6  | Описание и анализ предметной области           | 19.03.2021 | 27.03.2021 | 9д           |    |       |          |      |       |       |          |      |       |       |          |     |      |      |
| 7  | Проектирование программного модуля             | 28.03.2021 | 09.04.2021 | 12д          |    |       |          |      |       |       |          |      |       |       |          |     |      |      |
| 8  | Программная реализация                         | 10.04.2021 | 20.04.2021 | 11д          |    |       |          |      |       |       |          |      |       |       |          |     |      |      |
| 9  | Тестирование программного обеспечения          | 21.04.2021 | 28.04.2021 | 8д           |    |       |          |      |       |       |          |      |       |       |          |     |      |      |
| 10 | Сопоставление результатов экспериментов        | 29.04.2021 | 05.05.2021 | 8д           |    |       |          |      |       |       |          |      |       |       |          |     |      |      |
| 11 | Технико-экономические расчеты                  | 06.04.2021 | 13.04.2021 | 8д           |  |       |          |      |       |       |          |      |       |       |          |     |      |      |
| 12 | Вопросы безопасности и экологичности проекта   | 14.04.2021 | 16.04.2021 | 4д           |  |       |          |      |       |       |          |      |       |       |          |     |      |      |
| 13 | Оценка эффективности полученных результатов    | 17.04.2021 | 19.04.2021 | 3д           |  |       |          |      |       |       |          |      |       |       |          |     |      |      |

Рисунок 2 – Диаграмма Ганта

 – руководитель,  – инженер



### 3.3 Бюджет научно–технической разработки

#### 3.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат НТИ включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта.

Теоретическую разработку проекта, а также моделирование детали полумуфта требует определенного программного обеспечения: MS Office, Inventor, AutoCad. Большинство программ предоставляется студентам ТПУ с помощью удаленного доступа, некоторые программы предоставляют студентам свободный доступ. Затраты на материалы включают в себя расходы на канцелярские принадлежности, расходы на персональный компьютер, принтер с картриджем и бумага для печати выпускной квалификационной работы. Также включены затраты на электроэнергию. В материальные затраты также включаются транспортно-заготовительные расходы (ТЗР) в пределах от 5% до 20% от общей цены материалов. Расчёт материальных затрат приведён в табл. 3.8.

Таблица 3.8 – Материальные затраты

| Наименование                       | Цена за ед., руб. | Кол-во, шт. | Сумма, руб.     |
|------------------------------------|-------------------|-------------|-----------------|
| Компьютер (с предустановленным ПО) | 60000             | 1           | 60000           |
| Принтер                            | 5500              | 1           | 5500            |
| Картридж                           | 450               | 1           | 450             |
| Бумага                             | 390               | 1           | 390             |
| Электричество                      | 3,6               | 51          | 183.6           |
| <b>Итого</b>                       |                   |             | <b>66523,6</b>  |
| <b>Итого с учётом ТЗР (15%)</b>    |                   |             | <b>76502,14</b> |

#### 3.3.2 Расчет амортизационных отчислений

Написание выпускной квалификационной работы по плану занимает 5 месяцев. Для моделирования и проведения расчётов используется персональный компьютер первоначальной стоимостью 60000 рублей. Срок полезного использования для офисной техники составляет от 2 до 3 лет.

Норма амортизации  $H_A$  рассчитывается как [20]:

$$H_A = \frac{1}{T} \cdot 100\%$$

где  $T$ – срок полезного использования, лет.

Если принять срок полезного использования равным 2 годам, тогда норма амортизации  $H_A$ :

$$H_A = \frac{1}{3} \cdot 100\% = 33,33\%$$

Годовые амортизационные отчисления:

$$A_{\text{год}} = 60000 \cdot 0,3333 = 20000 \text{ руб}$$

Ежемесячные амортизационные отчисления:

$$A_{\text{мес}} = \frac{20000}{12} = 1666,67 \text{ руб}$$

Итоговая сумма амортизации основных средств:

$$A = 1666,67 \cdot 5 = 8333,34 \text{ руб}$$

### 3.3.3 Расчет заработной платы и отчислений во внебюджетные фонды

Оклад научного руководителя (в должности доцента) составляет 38560 рублей. Оклад студента (инженера) принимается равным окладу соответствующего специалиста низшей квалификации, т.е. ассистента и составляет 18600 рублей. В 2021 году с учётом 48-дневного отпуска 247 рабочих дня. Среднее количество рабочих дней в месяце составит 21 день. Среднедневная заработная плата для руководителя составит 1836,2 рублей в день, для консультанта и инженера – 885,7 рублей в день.

Заработная плата включает в себя основную и дополнительную части. При этом основная заработная плата рассчитывается по формуле:

Заработная плата включает в себя основную и дополнительную части. При этом основная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{\text{осн}} = ЗП_{\text{дн}} \cdot T_{\text{рд}} \cdot (1 + K_{\text{пр}} + K_{\text{д}}) \cdot K_{\text{р}}$$

где  $ЗП_{\text{дн}}$  – среднедневная заработная плата, руб.;

$T_{\text{рд}}$  – трудоёмкость выполнения работы в рабочих днях;

$K_{\text{пр}}$  – коэффициент премирования;

$K_{\text{д}}$  – коэффициент доплат;

$K_{\text{р}}$  – районный коэффициент.

Результаты расчёта основной заработной платы приведены в таблице

3.9.

Таблица 3.9 – Расчёт основной заработной платы

| Исполнители  | $ЗП_{\text{дн}}$ | $K_{\text{р}}$ | $K_{\text{д}}$ | $K_{\text{пр}}$ | $T_{\text{рд}}$ | $ЗП_{\text{осн}}$ , руб |
|--------------|------------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-------------------------|
| Руководитель | 1836,2           | 0,3            | 0,2            | 1,3             | 9,72            | 13385,9                 |
| Инженер      | 885,7            | 0,3            | 0,2            | 1,3             | 79,32           | 52690,3                 |
| <b>Итого</b> |                  |                |                |                 |                 | <b>66076,2</b>          |

Дополнительная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{\text{доп}} = ЗП_{\text{осн}} \cdot 0,12$$

где  $ЗП_{\text{осн}}$  – основная заработная плата, руб.

Отчисления во внебюджетные фонды в соответствии с Налоговым кодексом РФ рассчитываются по формуле:

$$ЗП_{внеб} = (ЗП_{осн} + ЗП_{доп}) \cdot 0,3$$

где  $ЗП_{осн}$  – основная заработная плата, руб;

$ЗП_{доп}$  – дополнительная заработная плата, руб.

Результаты расчётов приведены в таблице 3.10.

Таблица 3.10 – Расчёт дополнительной заработной платы и отчислений

| Исполнители  | $ЗП_{доп}$    | $ЗП_{внеб}$     |
|--------------|---------------|-----------------|
| Руководитель | 1606,3        | 4497,66         |
| Инженер      | 6322,8        | 17703,93        |
| <b>Итого</b> | <b>7929,1</b> | <b>22201,59</b> |

Накладные расходы принимаются в размере 10% от величины всех остальных расходов.

### 3.3.4 Расчет общей себестоимости

Рассчитанные в пунктах 3.3.1-3.3.3 расходы сведены в таблицу 3.11.

Таблица 4.11 – Суммарные расходы

| Наименование                    | Сумма, руб.     | Удельный вес, % |
|---------------------------------|-----------------|-----------------|
| Материальные затраты            | 76502,14        | 37,77           |
| Затраты на амортизацию          | 8333,34         | 4,11            |
| Основная заработная плата       | 66076,2         | 32,63           |
| Дополнительная заработная плата | 22201,59        | 10,96           |
| Страховые взносы                | 11000           | 5,43            |
| Накладные расходы               | 18411,33        | 9,09            |
| <b>Итого</b>                    | <b>202524,6</b> | <b>100</b>      |

В ходе подсчёта затрат на разработку проекта выявлено, что основная часть (37,77%) средств расходуется на материальные затраты.

### 3.3.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Эффективность разработки сравнивается аналогичными системами:

1. Использование ленточнопильного станка марки ЛПС8542 производства компании «ОАО ТЭМЗ имени В.В. Вахрушева», стоимостью 299100 руб.;

2. Использование станка STALEX X5032A компании «Сибирский машиностроительный завод», стоимостью 301400 руб.

Эффективность разработки определяется путём расчёта интегрального финансового показателя:

$$I_{фин}^i = \frac{\Phi_i}{\Phi_{max}}$$

где  $I_{\text{фин}}^i$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_i$  – стоимость i-ого варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения проекта (зависит от сложности АСУ).

$$I_{\text{фин}} = \frac{202524,6}{301400} = 0,672$$

$$I_{\text{фин}}^1 = \frac{299100}{301400} = 0,992$$

$$I_{\text{фин}}^2 = \frac{301400}{301400} = 1$$

Сравнительная оценка ресурсоэффективности рассматриваемых аналогов приведена в табл. 3.12.

Таблица 3.12 – Сравнительная оценка ресурсоэффективности

| Критерии оценки                      | Вес критерия | Баллы      |                |                | Ресурсоэффективность |                |                |
|--------------------------------------|--------------|------------|----------------|----------------|----------------------|----------------|----------------|
|                                      |              | $B_{\Phi}$ | $B_{\kappa 1}$ | $B_{\kappa 2}$ | $K_{\Phi}$           | $K_{\kappa 1}$ | $K_{\kappa 2}$ |
| 1. Производительность                | 0,2          | 5          | 3              | 2              | 1                    | 0,6            | 0,4            |
| 2. Срок службы                       | 0,4          | 5          | 3              | 4              | 2                    | 1,2            | 1,6            |
| 3. Конкурентоспособность продукта    | 0,08         | 4          | 4              | 2              | 0,32                 | 0,32           | 0,16           |
| 4. Уровень проникновения на рынок    | 0,02         | 3          | 4              | 5              | 0,06                 | 0,08           | 0,1            |
| 5. Цена                              | 0,05         | 2          | 3              | 4              | 0,1                  | 0,15           | 0,2            |
| 6. Предполагаемый срок эксплуатации  | 0,04         | 5          | 3              | 4              | 0,2                  | 0,12           | 0,16           |
| 7. Послепродажное обслуживание       | 0,04         | 5          | 4              | 4              | 0,2                  | 0,16           | 0,16           |
| 8. Финансирование научной разработки | 0,06         | 4          | 4              | 2              | 0,24                 | 0,24           | 0,21           |
| 9. Срок выхода на рынок              | 0,05         | 3          | 4              | 4              | 0,15                 | 0,2            | 0,2            |
| 10. Наличие сертификации разработки  | 0,06         | 4          | 5              | 5              | 0,24                 | 0,3            | 0,3            |
| <b>Итого</b>                         | <b>1</b>     | <b>40</b>  | <b>37</b>      | <b>36</b>      | <b>4,51</b>          | <b>3,37</b>    | <b>3,49</b>    |

Интегральный показатель эффективности разработки  $I^i$  вычисляется на основании рассчитанных выше интегрального финансового показателя  $I_{\text{фин}}^i$  и показателя ресурсоэффективности  $I_p^i$  (табл. 4.14):

$$I^i = \frac{I_p^i}{I_{\text{фин}}^i}$$

Для разрабатываемой системы:

$$I = \frac{4,51}{0,672} = 6,71$$

Для рассматриваемых аналогов:

$$I^1 = \frac{3,37}{0,992} = 3,4$$

$$I^2 = \frac{3,49}{1} = 3,49$$

Сравнительная эффективность разрабатываемой системы и рассматриваемых аналогов рассчитывается как:

$$\Theta = \frac{I}{I^i}$$



Сравнительная эффективность разрабатываемой системы с аналогами приведена в табл. 3.13.

Таблица 3.13 – Сравнительная эффективность разработки

| № п/п | Показатели                                                       | Разработка | Аналог №1 | Аналог №2 |
|-------|------------------------------------------------------------------|------------|-----------|-----------|
| 1     | Интегральный финансовый показатель, $I_{фин}$                    | 0,672      | 0,992     | 1         |
| 2     | Интегральный показатель ресурсоэффективности, $I_p$              | 4,51       | 3,37      | 3,49      |
| 3     | Интегральный показатель эффективности, $I$                       | 6,71       | 3,4       | 3,49      |
| 4     | Сравнительная эффективность разработки к аналогам, $\mathcal{E}$ |            | 1,97      | 1,92      |

Сравнение значений интегральных показателей эффективности показало, что разрабатываемая технология изготовления детали уступает аналогам №1 и 2 по интегральному финансовому показателю, однако превосходит его по интегральному показателю ресурсоэффективности за счёт меньшей стоимости разработки.

#### **Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»**

В данном разделе оценены экономические аспекты исследуемой технологии изготовления детали:

1. Выявлены потенциальные потребители результатов исследования. Разработка может быть применена на машиностроительных предприятиях.

2. Проведён анализ конкурентных технических решений. Выявлено два конкурента: компания «ОАО ТЭМЗ имени В.В. Вахрушева» и «Сибирский машиностроительный завод». Разрабатываемая система на текущем этапе уступает конкурентам по цене и сроку выхода на рынок, однако выигрывает за счёт надежности технологии и производительности технологии.

3. В ходе SWOT-анализа основными угрозами обозначены: появление новых технологий, отсутствие спроса на новые технологии производства, несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства. Возможные пути снижения влияния выявленных угроз представлены в таблице 4.5.

4. Подсчёт затрат на разработку позволяет заключить, что основной статьёй расходов в научно-исследовательской работе является заработная плата исполнителей: 88277,79 руб. (43,59%). На втором месте материальные затраты: 76502,14 руб. (37,77%). Затем идут накладные расходы – 18411,33 руб. (9,09%). Меньше всего средств уходит на амортизацию оборудования – 8333,34 руб. (4,11%). Общий бюджет разработки составил 202524,6 руб. При этом запланированная продолжительность работы составляет 114 дней.

5. В подразделе 4.3.5 оценена экономическая эффективность разработки. Разрабатываемая технология уступает аналогу №1 по

интегральному финансовому показателю в виду меньшего удобства эксплуатации на данном этапе, однако по сравнительному показателю эффективности разработка превосходит аналогичные системы за счёт меньшей стоимости. Экономия достигается за счёт использования производительных технологий по сравнению с технологиями сравниваемых компаний.

В целом, эффективность исследуемой технологии изготовления детали полумуфта в каждом конкретном случае можно оценить исходя из вероятных затрат на восстановление работоспособности объекта при ошибке работника или оператора системы автоматического управления (зачастую стоимость промышленных систем составляет сотни тысяч, а иногда и миллионы рублей).

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

| Группа | ФИО                             |
|--------|---------------------------------|
| 3-8Л61 | Лукиянову Константину Петровичу |

| Школа               | ИШНПТ       | Отделение (НОЦ)           | Материаловедения        |
|---------------------|-------------|---------------------------|-------------------------|
| Уровень образования | Бакалавриат | Направление/специальность | 15.03.01 Машиностроение |

**Тема ВКР: «Разработка технологического процесса изготовления полумуфты редуктора»**

| Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения                                                                                                                                                   | Объектом исследования является производственный технологический процесс детали типа «Полумуфта». Данная деталь предназначена для соединения двух валов, расположенных на одной оси или под углом друг к другу                                                                                                                                                |
| Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b><br>- специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;<br>- организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. | - Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ- есть более свежая редакция<br>- ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ.                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>2. Производственная безопасность:</b><br>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов<br>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия                                                                                                                            | Вредные факторы:<br>- Отклонение показателей микроклимата<br><br>- Превышение уровня шума<br>- Повышенный уровень электромагнитного излучения<br><br>- Недостаточная освещенность рабочей зоны<br><br>Опасные факторы:<br>- Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека<br>- Вредные вещества |
| <b>3. Экологическая безопасность:</b>                                                                                                                                                                                                                                            | - анализ воздействия объекта на атмосферу: образуется пыль, а также туман (испарения СОЖ)<br><br>- анализ воздействия объекта на литосферу: промышленные отходы.<br><br>- анализ воздействия объекта на гидросферу: попадание в воду различных механических примесей                                                                                         |
| <b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>                                                                                                                                                                                                                                 | Возможные ЧС: пожары, землетрясения, обрушения зданий.<br>Наиболее типичная ЧС: пожар                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Дата выдачи задания для раздела по линейному графику                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

**Задание выдал консультант:**

| Должность | ФИО                        | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|----------------------------|------------------------|---------|------|
| Ассистент | Мезенцева Ирина Леонидовна | -                      |         |      |

**Задание принял к исполнению студент:**

| Группа | ФИО                          | Подпись | Дата |
|--------|------------------------------|---------|------|
| 3-8Л61 | Лукиянов Константин Петрович |         |      |

## 4 Социальная ответственность

В ходе выполнения дипломной работы было произведено проектирование технологического процесса изготовления детали «Полумуфта».

Целью раздела является принятие проектных решений, исключающих несчастные случаи на производстве, и снижение вредных воздействий на окружающую среду

### 4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

#### 4.1.1 Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства

Согласно системе "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 09.11.2020) [1], особенности трудового законодательства для работников в этом проекте:

Рабочее место, которое соответствует всем необходимым требованиям охраны труда;

Режим рабочего времени должен предусматривать продолжительность рабочей недели (пятидневная с двумя выходными днями), продолжительность ежедневной работы (смены), в том числе неполного рабочего дня (смены), время начала и окончания работы, время перерывов в работе, которые устанавливаются правилами внутреннего трудового распорядка в соответствии с трудовым законодательством и иными нормативными правовыми актами, содержащими нормы трудового права;

Обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;

Отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности;

Обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;

Профессиональную переподготовку за счет средств работодателя в случае ликвидации рабочего места вследствие нарушения требований охраны труда;

Внеочередной медицинский осмотр (обследование) в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра (обследования).

#### 4.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя

В данной работе рассмотрен цех механообработки.

Рабочее место для технологического комплекса механообработки деталей, должны быть учтены освещенность, влажность, шум, температура, наличие СИЗ и другие санитарно-гигиенические требования к организации рабочего места.

При проектировании рабочего места необходимо так же уделить внимание охране окружающей среды, а именно организация безотходного производства.

Типичными ЧС являются низкая температура и пожары. При организации рабочей зоны необходимо учитывать следующие нормативные документы: – ГОСТ Р 56639-2015 Технологическое проектирование промышленных предприятий. – ОНТП 14–93. Нормы технологического проектирования предприятий машиностроения, приборостроения и металлообработки. Механообрабатывающие и сборочные цехи.

#### 4.2 Производственная безопасность

В таблице 4.1 приведены опасные и вредные факторы, возникновение которых возможно в рамках данного дипломного проекта.

Таблица 4.1 - Опасные и вредные факторы при выполнении работ на токарном и фрезерном станках

| Факторы                                                                                                    | Этапы работ |              |              | Нормативные документы                                                                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                            | Разработка  | Изготовление | Эксплуатация |                                                                                                                                                    |
| Отклонение показателей микроклимата                                                                        | ++          | ++           | ++           | СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений [3].                                                       |
| Превышение уровня шума                                                                                     |             | ++           | ++           | СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки [4].                               |
| Недостаточная освещенность рабочей зоны                                                                    |             | ++           | ++           | СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" [5] |
| Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека | ++          | ++           | ++           | ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности [2].<br>СН2.2.4/2.1.8.566-96 Производственная               |

|                             |    |    |    |                                                                                                                                                                                   |
|-----------------------------|----|----|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Повышенный уровень вибрации | ++ | ++ | ++ | вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий [7].<br>ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов [6]. |
| Вредные вещества            | ++ | ++ | ++ |                                                                                                                                                                                   |

### 4.3 Анализ опасных и вредных производственных факторов

#### 4.3.1 Отклонение показателей микроклимата

Воздействие нагревающего микроклимата может привести к заболеванию общего характера, которое проявляется в виде теплового коллапса. Охлаждение человека приводит к изменению его двигательной реакции, нарушает координацию и способность выполнять точные операции, вызывает тормозные процессы в коре головного мозга, что может быть причиной возникновения различных форм травматизма. При локальном охлаждении кистей снижается точность выполнения рабочих операций.

В соответствии с СанПиН 2.2.4.548–96 [7], Показатели микроклимата должны обеспечивать сохранение теплового баланса оператора с окружающей средой и поддержание оптимального или допустимого теплового состояния организма. Температура, относительная влажность и скорость движения воздуха на рабочем месте оператора станка должны соответствовать для категорий работ средней тяжести Па значениям, указанным в табл.4.2. СанПиН 2.2.4.548–96 [4].

Таблица 4.2 – Оптимальные параметры микроклимата на рабочих местах производственных помещений

| Период года | Категория работ по уровню энергозатрат | Температура воздуха, °С | Температура поверхностей, °С | Относительная влажность воздуха, % | Скорость движения воздуха, м/с |
|-------------|----------------------------------------|-------------------------|------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
| Холодный    | Па                                     | 20-22                   | 19-23                        | 60-40                              | 0,2                            |
| Теплый      | Па                                     | 20-22                   | 19-23                        | 60-40                              | 0,2                            |

Требования к микроклимату на рабочем месте регламентируются по [4]. Для категории работ оператора в помещении со станками допустимые параметры микроклимата представлены в таблицах 4.3.

Таблица 4.3 – Допустимые параметры микроклимата на рабочих местах производственных помещений

| Период года | Категория работ по уровню энергозатрат | Температура воздуха, °С | Температура поверхностей, °С | Относительная влажность воздуха, % | Скорость движения воздуха, м/с |
|-------------|----------------------------------------|-------------------------|------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
| Холодный    | Па                                     | 20-21,9                 | 19-26                        | 15-75                              | 0,1                            |
| Теплый      | Па                                     | 21-22,9                 | 20-29                        | 15-75                              | 0,2                            |

К средствам индивидуальной защиты (СИЗ) можно отнести специальную одежду, обувь, изготовленную в соответствии с требованиями государственных стандартов, а к коллективным средствам защиты (СКЗ) систему отопления, вентиляции и кондиционирования помещений.

#### 4.3.2 Превышение уровня шума

Производственный шум возникает в процессе обработки детали «Полумуфта» на токарных, фрезерных и шлифовальных станках. Он неблагоприятно действует на человека и является общебиологическим раздражителем. Шум вызывает снижение слуха, нарушение сна, головокружение, головные боли, изменение в сердечно-сосудистой, иммунной, нервной систем (санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.562-96). Недопустимые уровни шума: низкочастотный (16–500 Гц) – свыше 100 дБ, среднечастотный (500–5000 Гц) – свыше 85 дБ, высокочастотный (5000–20000 Гц) – свыше 80 дБ

Для снижения значений до допустимого уровня необходимо предусмотреть СКЗ и СИЗ: 1. Средства коллективной защиты (шторы, маты, шумоизоляционные боксы для оборудования и звукоизолирующие кабины для персонала). 2. Средства индивидуальной защиты (наушники, беруши, антифоны).

#### 4.3.3 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Правильно организованное освещение повышает работоспособность и эффективность труда, снижает травматизм, сохраняет низкий уровень утомления и повышает безопасность рабочего места. Слабое освещение приводит к преждевременному утомлению, ослаблению внимания и перенапряжению зрительных органов. Повышенный уровень освещения ведет к рези в глазах и слепоте.

Расчет освещенности рабочего места проводится посредством выбора системы освещения и определения достаточного количества светильников, а также их размещения. В СП 52.13330.2016 [5] изложены основные требования и значения нормируемой освещённости рабочих поверхностей

Таблица 4.4 – Нормы освещённости на рабочих местах производственных помещений при искусственном освещении

| Характеристика зрительной работы | Наименьший размер объекта различения, мм | Разряд зрительной работы | Подразряд зрительной работы | Контраст объекта с фоном | Характеристика фона | Искусственное освещение                |                       |                              |
|----------------------------------|------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------|--------------------------|---------------------|----------------------------------------|-----------------------|------------------------------|
|                                  |                                          |                          |                             |                          |                     | Освещенность, лк.                      |                       |                              |
|                                  |                                          |                          |                             |                          |                     | При системе комбинированного освещения |                       | При системе общего освещения |
|                                  |                                          |                          |                             |                          |                     | всего                                  | В том числе от общего |                              |
| 1                                | 2                                        | 3                        | 4                           | 5                        | 6                   | 7                                      | 8                     | 9                            |
| кой<br>точно                     | 0,30                                     | III                      | б                           | средний                  | средний             | 1000                                   | 200                   | 300                          |

Наиболее часто в искусственном освещении применяется два вида электрических источников света: лампы накаливания и люминесцентные лампы.

#### 4.3.4 Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека

По данным [6] помещение цеха относятся к помещениям повышенной опасности поражения людей электрическим током по причине наличия токопроводящих полов и возможности одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей технологическим аппаратам с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования – с другой.

Для обеспечения безопасности работы на электрических установка проводятся следующие организационные мероприятия, прописанные в ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ [7]: Назначение лиц, ответственных за организацию и безопасность производства работ; Оформление наряда или распоряжения на производство работ; Осуществление допуска к проведению работ; Организация надзора за проведением работ; Оформление окончания работы, перерывов в работе, переводов на другие рабочие места; Установление рациональных режимов труда и отдыха.

К техническим способам обеспечения электробезопасности относят: Защитные оболочки; Защитные ограждения (временные или стационарные); Безопасное расположение токоведущих частей; Изоляцию токоведущих частей (рабочую, дополнительную, усиленную, двойную); Изоляцию



рабочего места; Малое напряжение; Предупредительную сигнализацию, блокировку, знаки безопасности.

#### 4.3.5 Повышенный уровень вибрации

Вибрация представляет собой механическое колебательное движение тех или иных поверхностей, простейшим примером которых является синусоидальное колебание.

К источникам вибрации в помещении цеха относятся токарные и фрезерные станки.

Воздействие вибрации на человека вызывает нарушения физиологического и функционального состояния организма человека. Как следствие, это приводит к понижению производительности и возникновению вибрационной болезни.

Согласно СН 2.2.4/2.1.8.566-96 [8], токарный и фрезерный станок производит общую вибрацию 3 категории типа В. К данной категории относятся технологические вибрации, воздействующие на человека на рабочих местах стационарных машин или передающиеся на рабочие места, не имеющие источников вибрации.

В таблице представлены допустимые значения вибраций для рабочих мест 3 категории.

Таблица 4.5 – Предельно допустимые вибрации

| Среднегеометрические частоты полос, Гц | Предельно допустимые значения по осям X, Y, Z |         |         |         |                                     |         |         |         |
|----------------------------------------|-----------------------------------------------|---------|---------|---------|-------------------------------------|---------|---------|---------|
|                                        | виброускорения                                |         |         |         | виброскорости                       |         |         |         |
|                                        | м/с <sup>2</sup>                              |         | дБ      |         | 10 <sup>-2</sup> , м/с <sup>2</sup> |         | дБ      |         |
|                                        | 1/3 окт                                       | 1/1 окт | 1/3 окт | 1/1 окт | 1/3 окт                             | 1/1 окт | 1/3 окт | 1/1 окт |
| 1,6                                    | 0,0130                                        |         | 82      |         | 0,130                               |         | 88      |         |
| 2,0                                    | 0,0110                                        | 0,02    | 81      | 86      | 0,089                               | 0,180   | 85      | 91      |
| 2,5                                    | 0,0100                                        |         | 80      |         | 0,063                               |         | 82      |         |
| 4,0                                    | 0,0079                                        | 0,014   | 78      | 83      | 0,032                               | 0,063   | 76      | 82      |
| 5,0                                    | 0,0079                                        |         | 78      |         | 0,025                               |         | 74      |         |
| 8,0                                    | 0,0079                                        | 0,014   | 78      | 83      | 0,016                               | 0,032   | 70      | 76      |
| 10,0                                   | 0,0100                                        |         | 80      |         | 0,016                               |         | 70      |         |
| 16,0                                   | 0,0160                                        | 0,028   | 84      | 89      | 0,016                               | 0,028   | 70      | 75      |
| 20,0                                   | 0,0200                                        |         | 86      |         | 0,016                               |         | 70      |         |
| 40,0                                   | 0,0400                                        |         | 92      |         | 0,016                               |         | 70      |         |
| 63,0                                   | 0,0790                                        | 0,110   | 96      | 101     | 0,016                               | 0,028   | 70      | 75      |
| 80,0                                   | 0,0630                                        |         | 98      |         | 0,016                               |         | 70      |         |

К организационным мероприятиям относится ограничение времени воздействия вибрации на человека из-за особенностей установки, используемые нагнетающие устройства работают только в период проведения эксперимента, вибрация в данном случае является не постоянной и прерывистой.

К техническим мерам защиты относятся: снижение вибрации в источнике возникновения точной балансировкой вращающихся частей и изменением резонансной частоты системы при плановых ремонтах оборудования, виброизоляция – применение резиновых виброизоляторов при монтаже оборудования.

К средствам индивидуальной защиты от вибрации относятся: 1. Защитные перчатки 2. Рукавицы 3. Обувь с амортизирующей подошвой.

#### 4.3.6 Вредные вещества

При изготовлении на токарном станке детали «Полумуфты» основными вредными производственными факторами являются: пары смазочно-охлаждающих жидкостей и технологических смазок, абразивная и металлическая пыль, выделяющиеся в процессе станочной обработки металлов резанием. Использование СОЖ приводит к различным заболеваниям кожи, а также раздражающе действует на слизистые оболочки верхних дыхательных путей. При работе на токарных, фрезерных, сверлильных станках во избежание попадания стружки в глаза необходимо установить защитные ограждения.

Предельно допустимые концентрации в воздухе;

- Сероводород (0,008 мг/м<sup>3</sup>);
- Хлористый водород (0,05 мг/м<sup>3</sup>);
- Соединение трехвалентного хрома (0,0015 мг/м<sup>3</sup>) [2].

Средствами защиты от вредных веществ могут служить: автоматизация и дистанционное управление технологическими процессами, механическая вентиляция помещения, герметизация оборудования, СИЗ (респираторы, спецодежда, перчатки, защитные очки и др.)

#### 4.4 Экологическая безопасность

Защита атмосферы. При механической обработке материалов в процессе изготовления детали «Полумуфта» образуется пыль, стружка, а также туман (испарения СОЖ), которые выводятся наружу при помощи системы вентиляции, что отрицательно воздействует на атмосферу.

1. Чтобы предотвратить попадание механических примесей в вентиляционные выбросы, необходимо оборудовать вентиляцию специальными фильтрами (из волокна) и аппаратами пылеулавливания (мокрого и сухого).

2. Для очистки газовой составляющей вентиляционных выбросов, нужно использовать специальные конденсаторы, которые будут охлаждать воздушные смеси (ниже точки росы).

3. Защита от мелкой пыли, стружки и выбросов вредных газов осуществляется вытяжными трубами (отсосами). Воздух, проходит через фильтры, очищается, а пыль и грязь поступают в отходы и утилизируется.

Защита литосферы. Основными источниками загрязнения являются промышленные отходы: индустриальные масла, металлическая стружка, отработанная СОЖ, бумага, строительные отходы, остатки сырья.

После сбора отходы подвергаются переработке, утилизации и захоронению.

Захоронение отходов — это изоляция отходов, не подлежащих дальнейшей утилизации, в специальных хранилищах, с целью предотвращения попадания вредных веществ в окружающую среду.

Переработка отходов – важнейший этап в обеспечении безопасности жизнедеятельности, способствующий защите окружающей среды от загрязнения и сохраняющий природные ресурсы. Отходы, не подлежащие переработке и дальнейшему использованию, подвергаются захоронению на полигонах.

Защита гидросферы. Механическое загрязнение характеризуется попаданием в воду различных механических примесей (песок, ил и др.). Для сведения к минимуму загрязнения сточных вод при проектировании технологического изготовления «Полумуфта», все стоки оборудуют специальными фильтрами (задерживающими масла, кислоты и грязь). Очистка вод производится в отстойниках, шлаконакопителях.

#### 4.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

К возможным ситуациям техногенного характера можно отнести возгорание в цехе/производственном участке при несоблюдении предписанных норм пожарной безопасности или же вследствие короткого замыкания или проблем с токопроводящим оборудованием.

Противопожарная защита имеет своей целью изыскание наиболее эффективных, экономически целесообразных и технически обоснованных способов и средств предупреждения пожаров и их ликвидации с минимальным ущербом при наиболее рациональном использовании сил и технических средств тушения. Согласно НПБ 105-03 [10] помещение лаборатории по взрывопожарной и пожарной опасности относится к категории В. Это связано с наличием горючих жидкостей и твердых материалов. Для предотвращения возникновения пожара используются следующие меры:

Строительно-планировочные меры определяются огнестойкостью зданий и сооружений (выбор материалов конструкций: сгораемые, негораемые, трудно сгораемые) и предел огнестойкости — это количество времени, в течение которого под воздействием огня не нарушается несущая

способность строительных конструкций вплоть до появления первой трещины.

Технические меры — это соблюдение противопожарных норм при эвакуации систем вентиляции, отопления, освещения, электрического обеспечения, а также использование разнообразных защитных систем, соблюдение параметров технологических процессов и режимов работы оборудования.

Организационные меры — обучение персонала по пожарной безопасности, соблюдению мер по пожарной безопасности.

Использование средств пожаротушения. Выбор типа и необходимого количества огнетушителей в защищаемом помещении следует производить в зависимости от их огнетушащей способности, предельной площади, а также класса пожара горючих веществ и материалов. Исходя из этого, и, ориентируясь на НПБ-105-03, было решено использовать углекислотные огнетушители марки ОУ-5 в количестве двух штук.

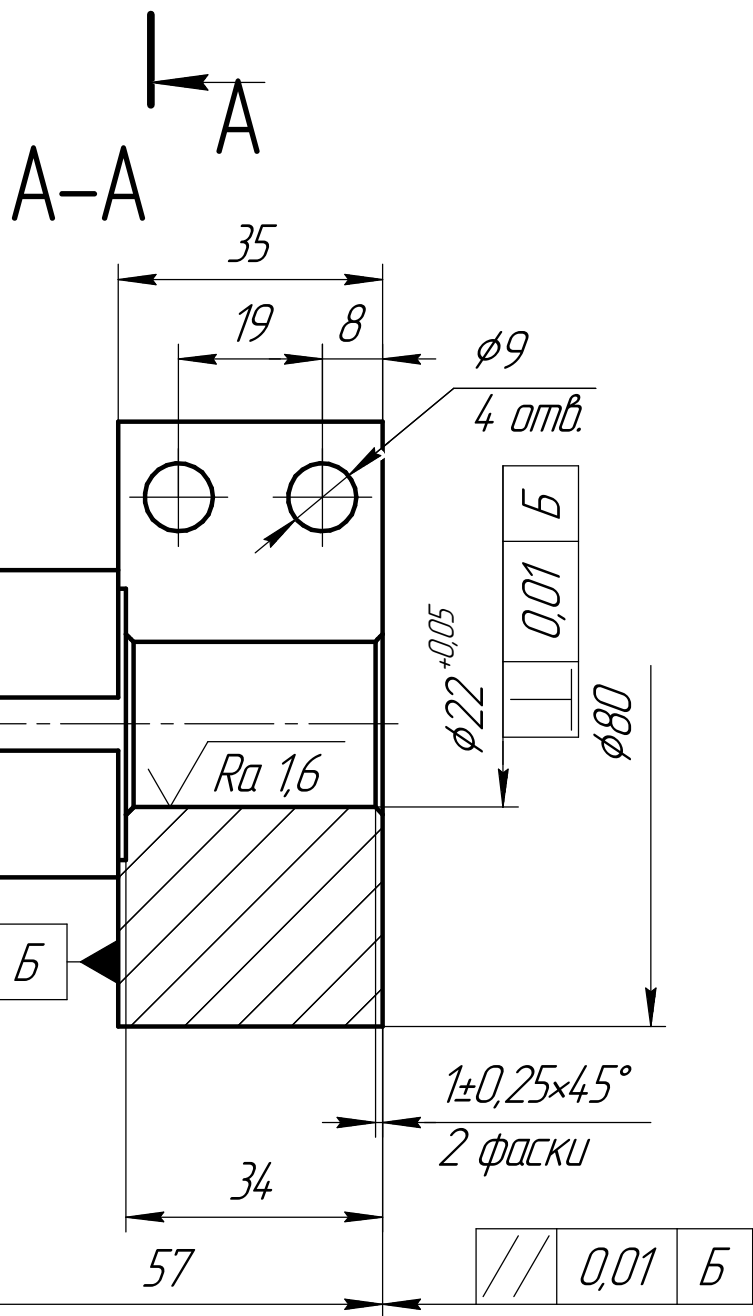
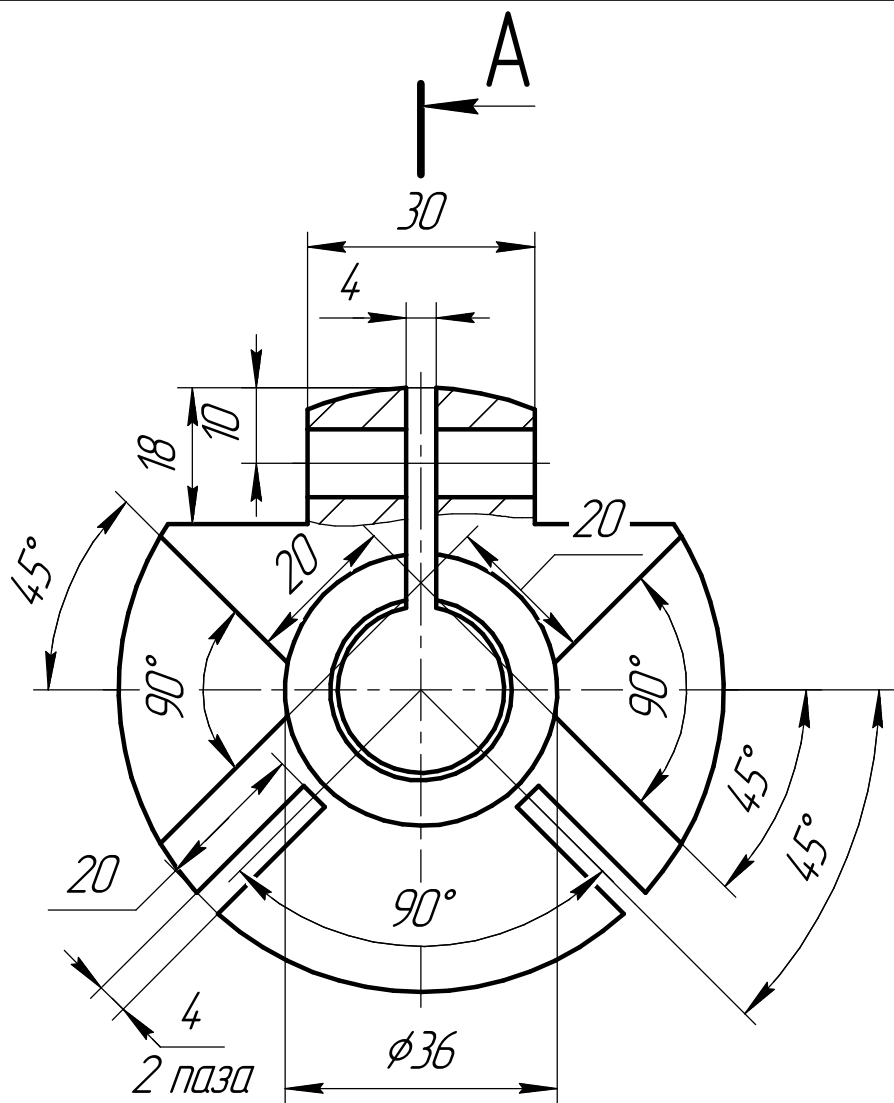
### **Выводы по разделу «Социальная ответственность»**

В результате выполнения работы мы можем выявить и проанализировать вредные и опасные факторы производственной среды, определить влияние токарного, фрезерного станка на организм и окружающую среду, а также привести меры по безопасной эксплуатации модернизируемой системы. В ходе анализа факторов производства и защиты от этих факторов, можно сказать, что на исследуемом производстве соблюдаются все необходимые меры по охране труда и окружающей среды.

## Литература

1. Горбацевич А. Ф., Шкред В. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения.: Учеб. пособие для вузов машиностроительных специальностей. - Минск: Высшая школа, 1975.- 283 с.
2. Скворцов В.Ф. Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2006. – 100 с.
3. Справочник технолога – машиностроителя. В 2 – х т. Т.2/Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова.-М.: Машиностроение, 1985 г.
4. Справочник: Прогрессивные конструкции режущих инструментов и режимы резания/ Под ред. А. А. Баранчикова.- М.: Машиностроение, 1984 г.
5. Анурьев В. И. Справочник конструктора – машиностроителя: В 3-х т. Т. 1.-6-е изд., перераб. и доп.- М.: Машиностроение, 1982.-736 с., ил.
6. Горошкин А. К. Приспособления для металлорежущих станков:Справочник.- 7-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1979.- 303 с., ил.
7. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ.
8. ГОСТ 12.1.007-76. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1976
9. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
- 10.СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.
- 11.СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" Правила устройства электроустановок. Шестое издание, дополненное с исправлениями. Госэнергонадзор, Москва, 2000
- 12.ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
- 13.СН 2.2.4/2.1.8.566. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. – М.: Минздрав России, 1997.
- 14.ГОСТ 12.4.011-89 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.
- 15.НПБ 105-03 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
- 16.ГОСТ Р 22.3.03-94. Безопасность в ЧС. Защита населения. Основные положения.

|              |  |               |  |
|--------------|--|---------------|--|
| Спроб. №     |  | Перв. примен. |  |
| Инв. № подл. |  | Подп. и дата  |  |
| Взам. инв. № |  | Инв. № дубл.  |  |
| Подп. и дата |  | Подп. и дата  |  |
| Инв. № подл. |  | Подп. и дата  |  |



- 1 H14, h14, ±  $\frac{IT14}{2}$ .  
2 Острые кромки притупить фаской 0,25×45°.  
3 Улучшение (нормализация) 28...30 HRC.

|          |               |          |       |      |                          |  |  |                |        |         |     |
|----------|---------------|----------|-------|------|--------------------------|--|--|----------------|--------|---------|-----|
|          |               |          |       |      | ИШНПТ-3-8/161.001        |  |  |                |        |         |     |
|          |               |          |       |      | Полумуфта<br>редуктора   |  |  | Лит.           | Масса  | Масштаб |     |
| Изм.     | Лист          | № докум. | Подп. | Дата |                          |  |  |                |        |         |     |
| Разраб.  | Лукиянов К.П. |          |       |      |                          |  |  |                |        | 1,27    | 1:1 |
| Пров.    | Галин Н.Е.    |          |       |      |                          |  |  |                |        |         |     |
| Т.контр. |               |          |       |      |                          |  |  |                |        |         |     |
|          |               |          |       |      |                          |  |  | Лист           | Листов | 1       |     |
| Н.контр. |               |          |       |      | Сталь 40Х ГОСТ 4543-2016 |  |  | ТПУ ОМ ИШНПТ   |        |         |     |
| Утв.     |               |          |       |      |                          |  |  | Группа 3-8/161 |        |         |     |

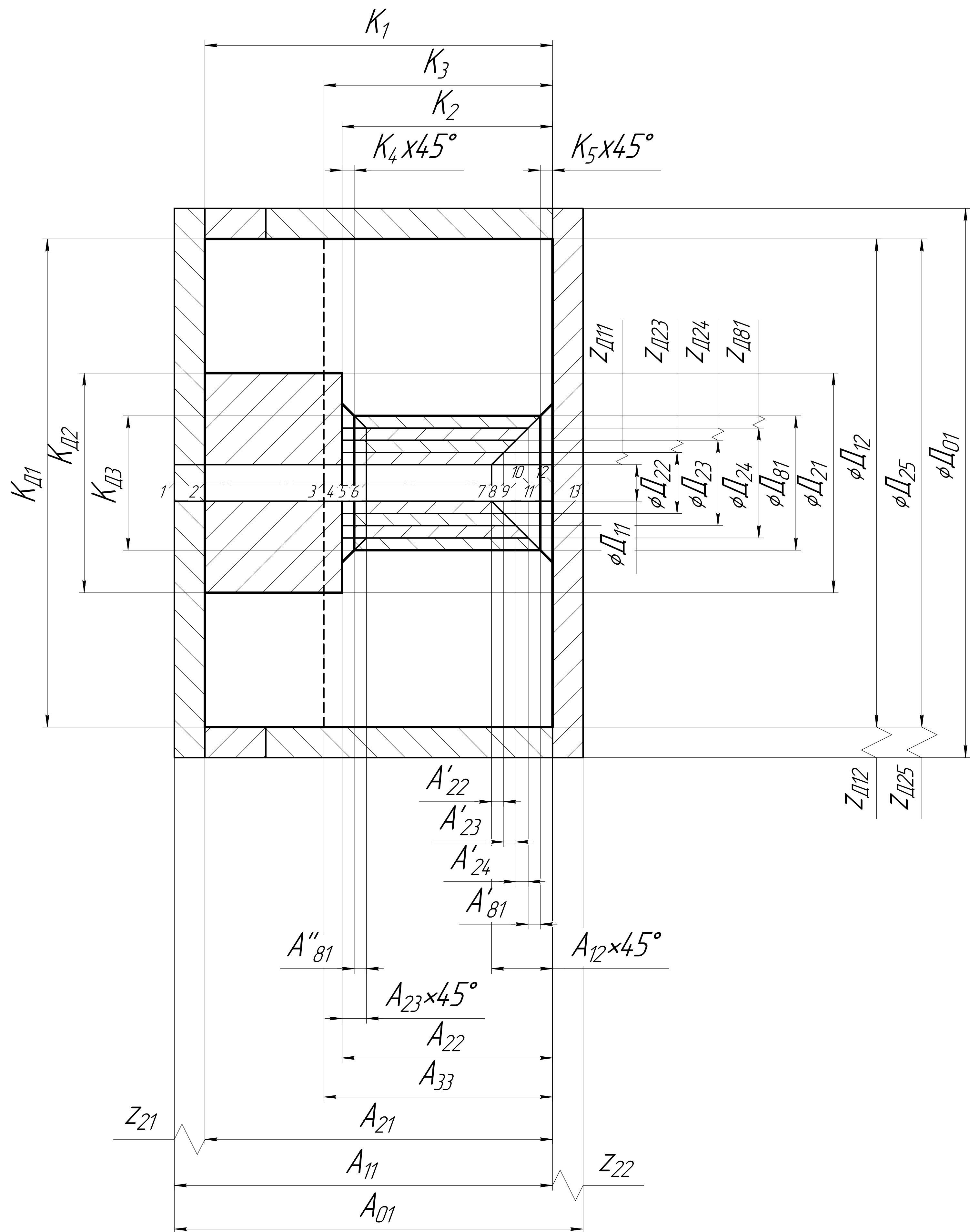
Копировал

Формат А3

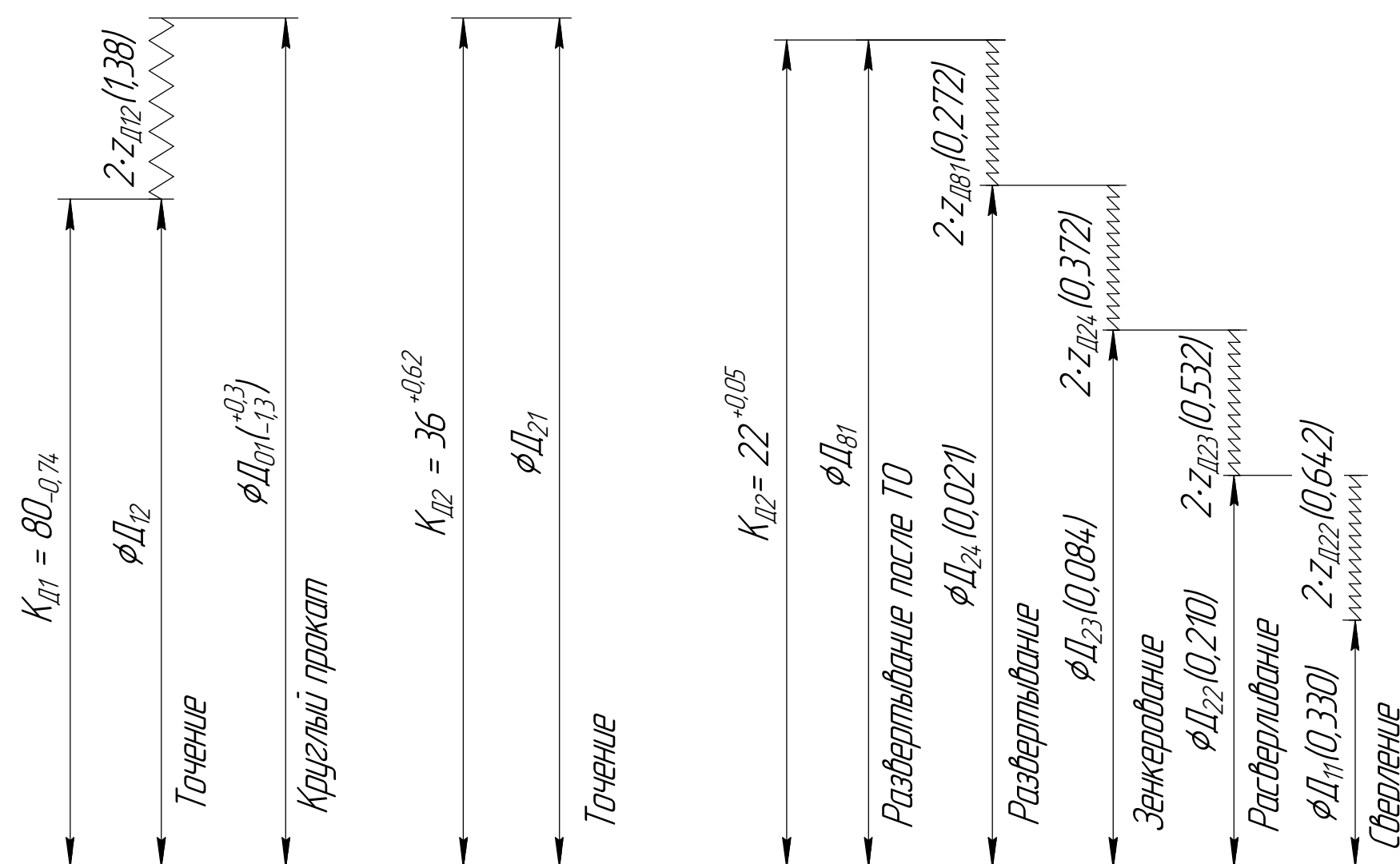
√ Rz 40 (√)

ИШНПТ-3-8/161.001

Размерная схема технологического процесса изготовления полумуфты редуктора



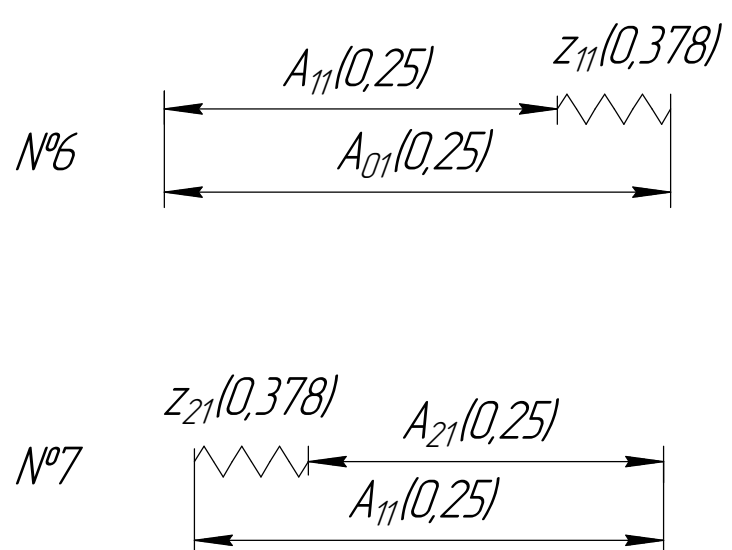
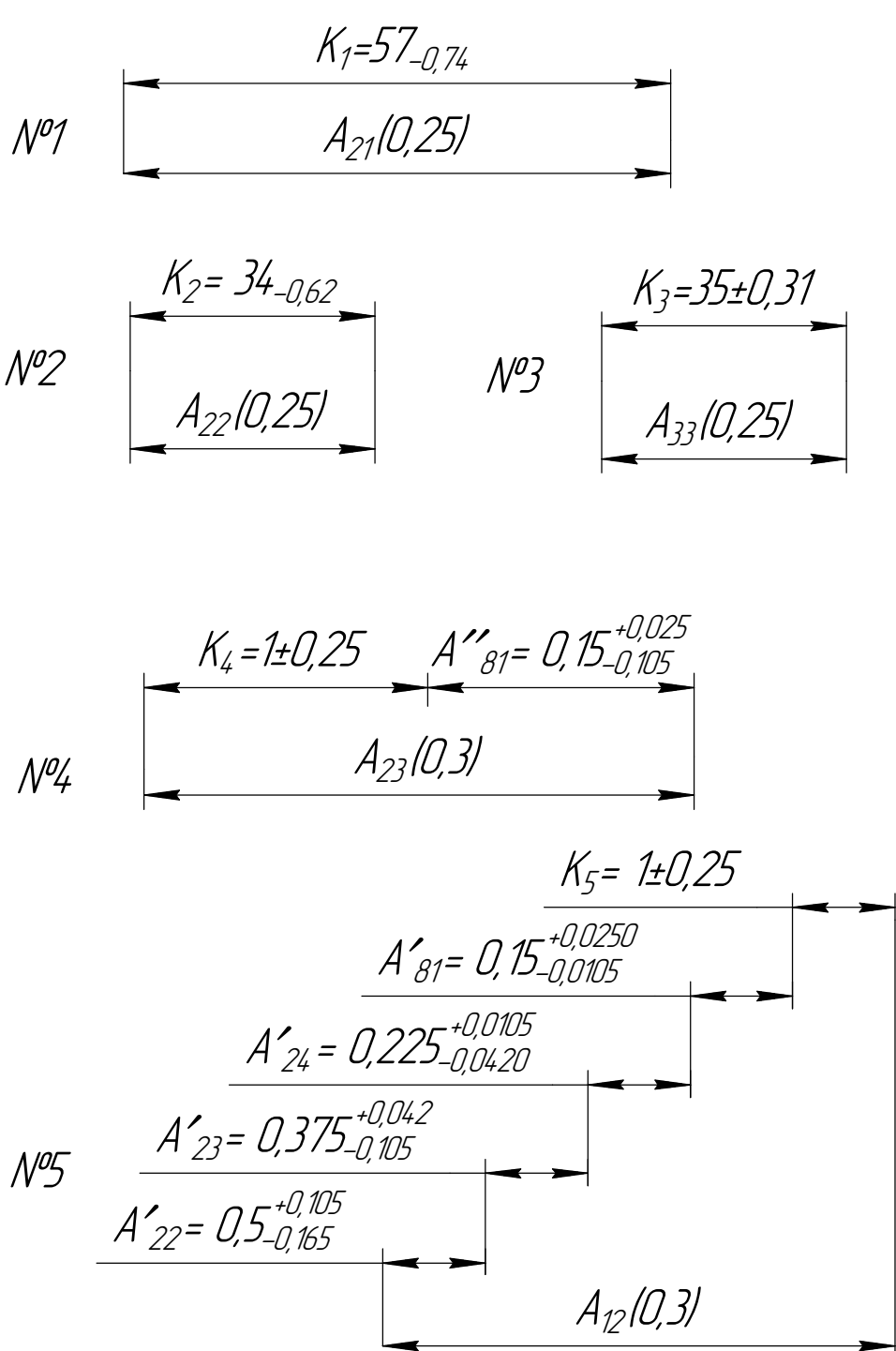
Размеры цепи поверхностей вращения



Размеры цепи в продольном направлении

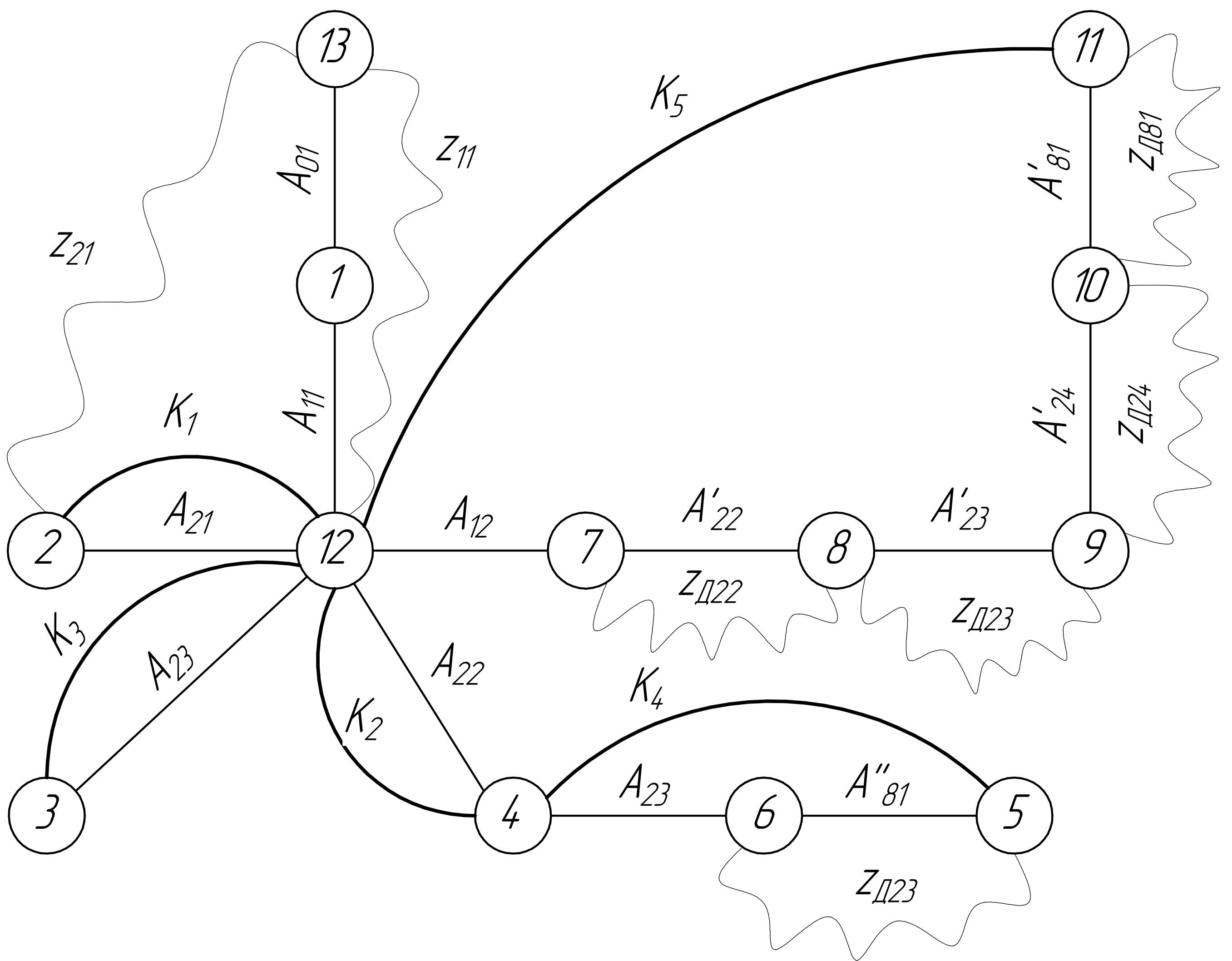
Технологические размерные цепи, в которых замыкающими звеньями являются конструкторские размеры

Технологические размерные цепи, в которых замыкающими звеньями являются припуски



|                  |            |               |       |
|------------------|------------|---------------|-------|
| ИШНПТ-3-8/161002 |            |               |       |
| Размерный анализ |            |               |       |
| Изм.             | Лист       | № докум.      | Подп. |
| Разраб.          | Галин Н.Е. | Лукьянов К.Г. |       |
| Проб.            |            |               |       |
| Т.контр.         |            |               |       |
| Н.контр.         |            |               |       |
| Утв.             |            |               |       |
| Лист             | 1          | Листов        | 2     |
| ТТГУ ОМ ИШНПТ    |            |               |       |
| Группа 3-8/161   |            |               |       |
| Формат А1        |            |               |       |

# Граф технологических размерных цепей



Технологические размеры: А – 12 шт.,  
Конструкторские размеры: К – 5 шт.,  
Припуски: z – 7 шт.,  
Поверхности: П – 13 шт.

|              |              |              |              |              |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Инд. № подл. | Подп. и дата | Взам. инд. № | Инд. № подл. | Подп. и дата |
|              |              |              |              |              |

|      |      |          |       |      |
|------|------|----------|-------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата |
|      |      |          |       |      |

ИШНПТ-3-8/161.002

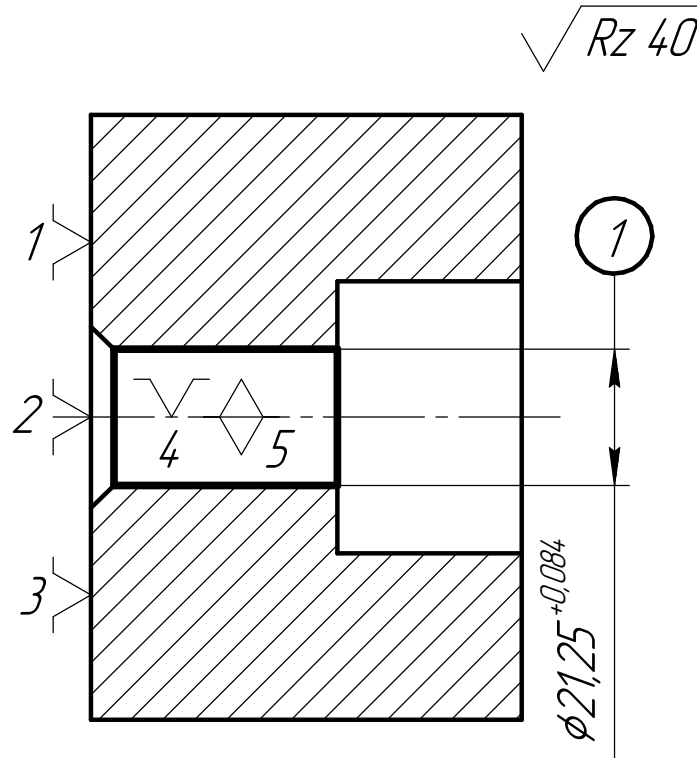
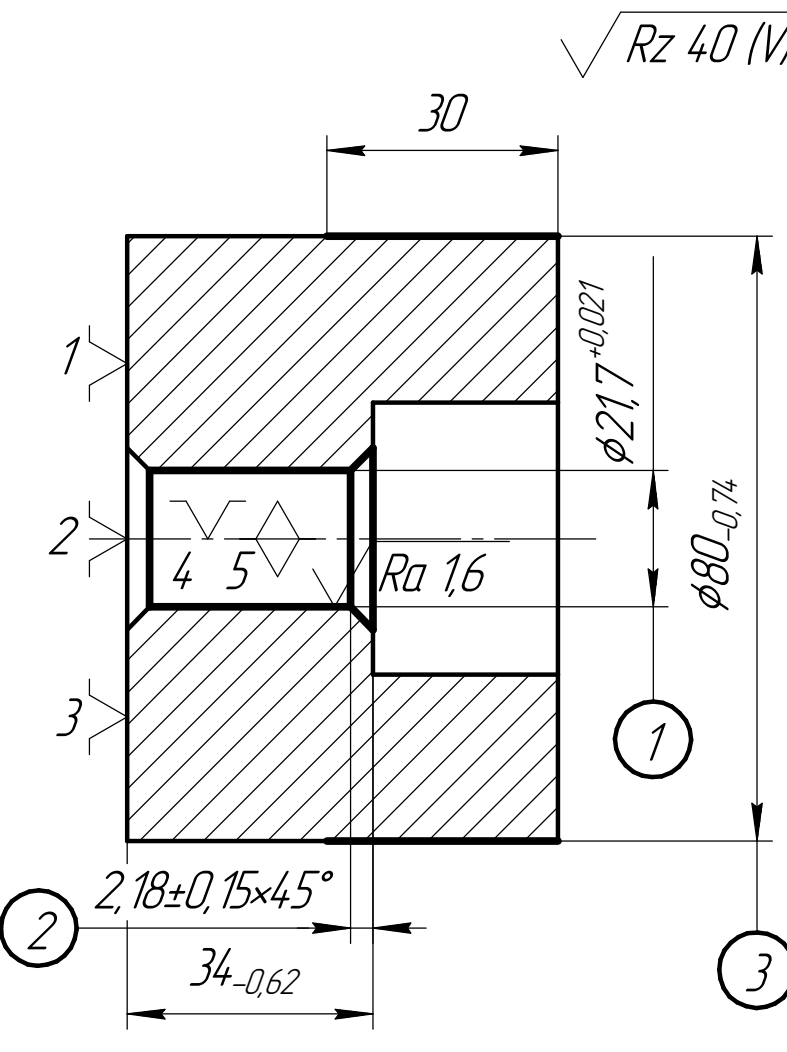
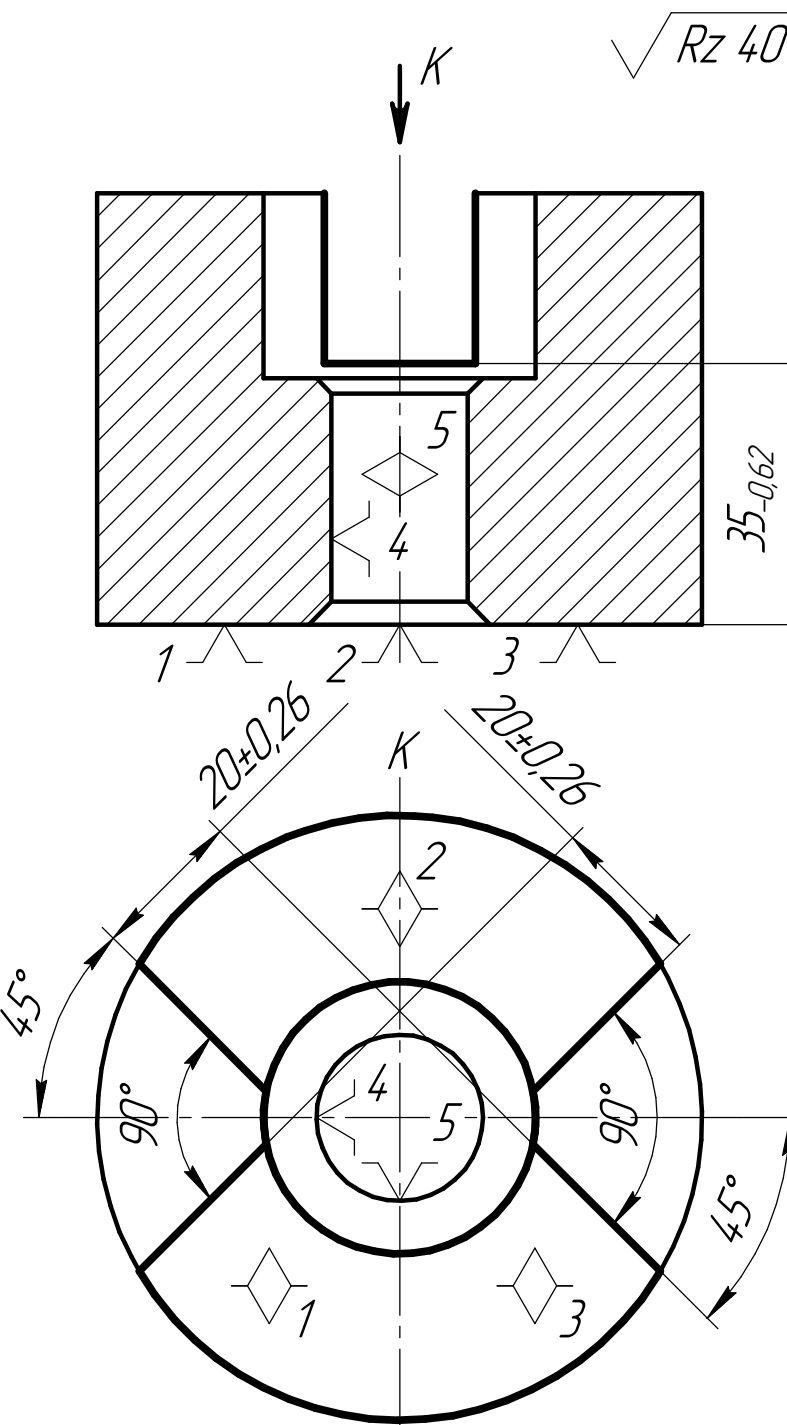
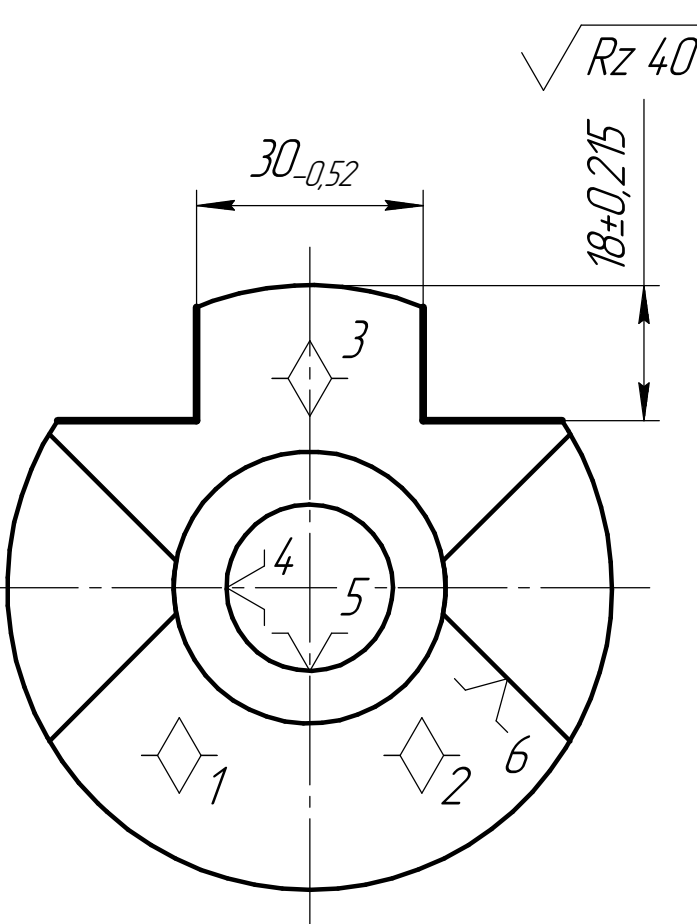
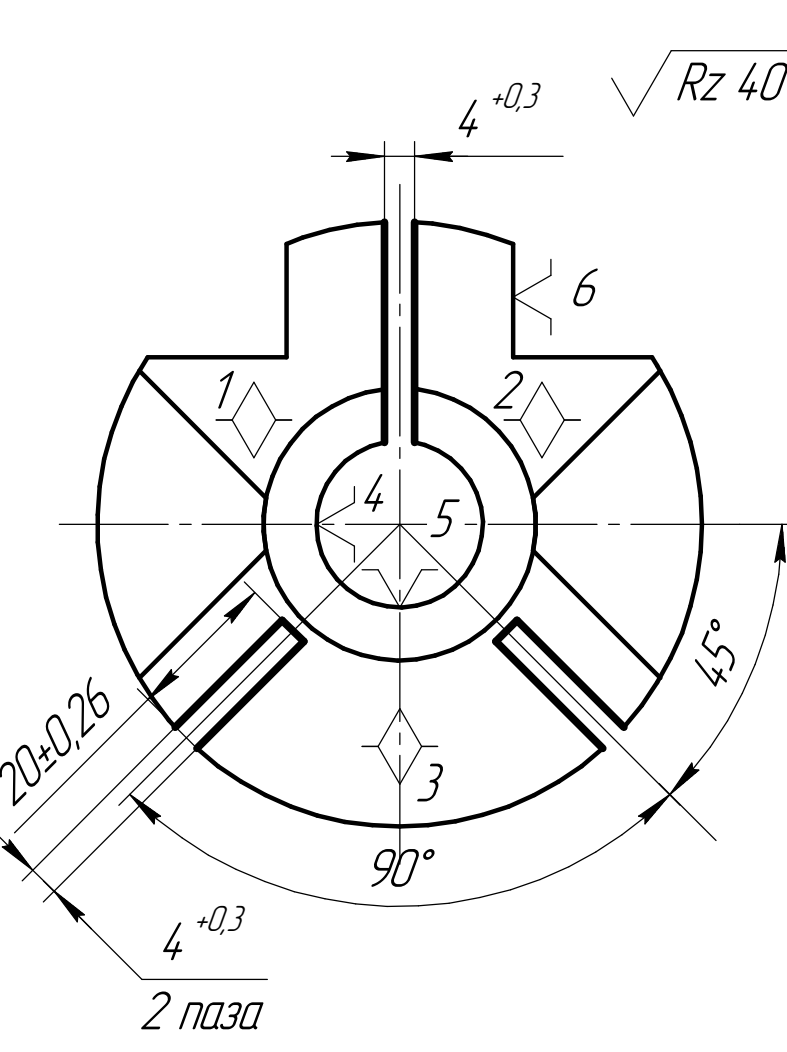
Лист  
2

Копировал

Формат А2





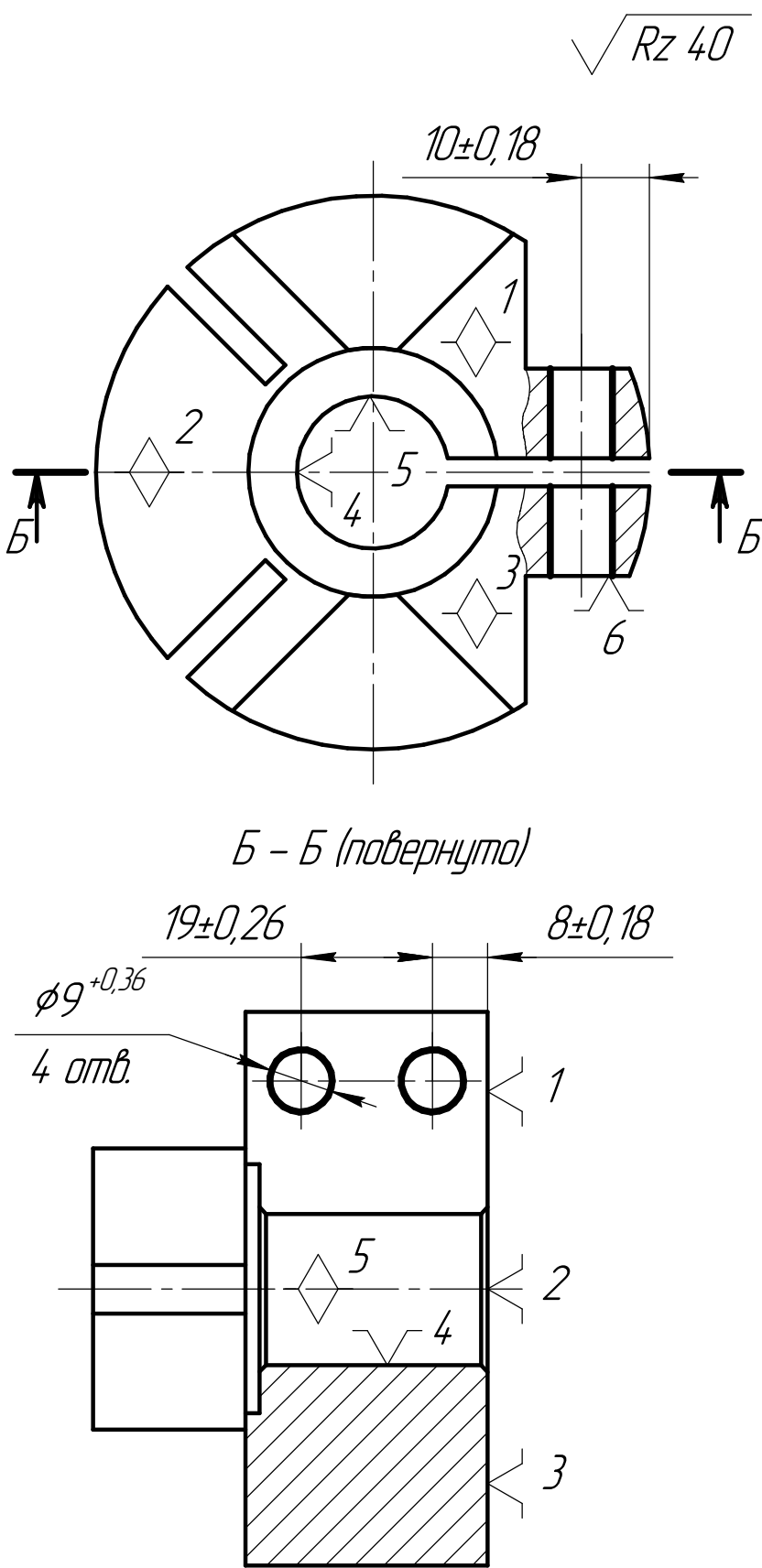
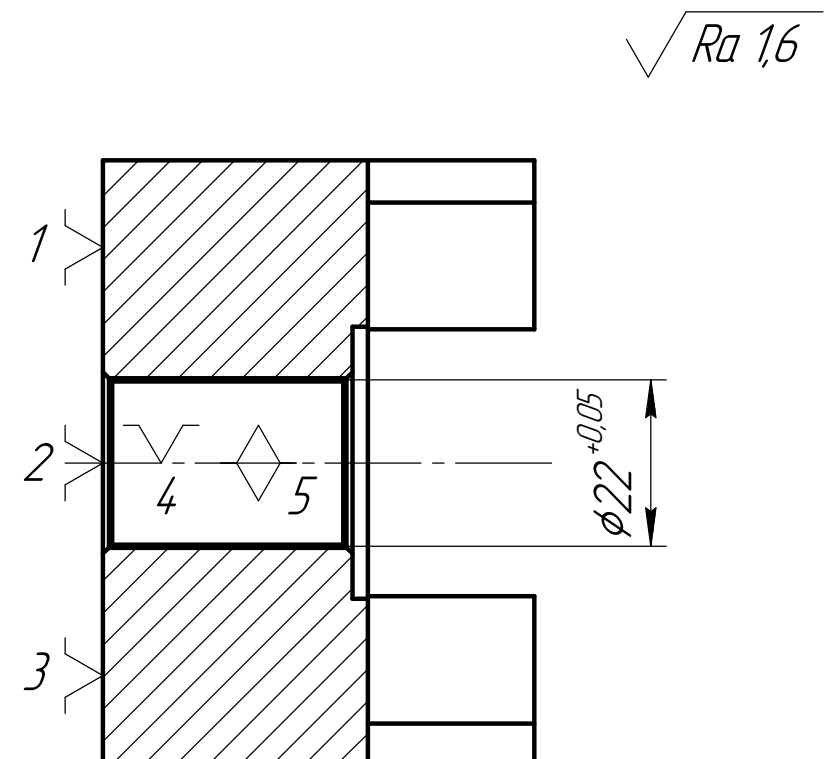
|   |                                                                                |                                                                                                                                          |                                                                                     |                                          |                                                                        |                                                       |                                                                          |   |     |       |        |       |      |    |      |       |       |    |    |    |    |                   |  |
|---|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|---|-----|-------|--------|-------|------|----|------|-------|-------|----|----|----|----|-------------------|--|
| 1 | 2                                                                              | 3                                                                                                                                        |                                                                                     | 5                                        | 6                                                                      | 7                                                     | 8                                                                        | 9 | 10  | 11    | 12     | 13    | 14   | 15 | 16   | 17    | 18    | 19 | 20 | 21 | 22 | ИШНПТ-3-8/16.1003 |  |
| 2 | 4                                                                              | Зенкеровать отверстие 1 диаметром $\varnothing 21,25^{+0,084}$                                                                           |     | Токарно-револьверный станок Модель 1П365 | Трёхкулачковый самоцентрирующий патрон $\varnothing 100$ ГОСТ 24351-80 | Зенкер $\varnothing 21,25$ Р6М5 ГОСТ 12489-71         | Штангенциркуль ШЦ-III-250-0,05 ГОСТ 166-80; Микрометр гладкий Модель 123 | 1 | 1   |       | 36,43  | 0,375 | 0,7  |    | 190  | 12,7  | 0,27  |    |    |    |    |                   |  |
|   | 5                                                                              | Развернуть отверстие 1 диаметром $\varnothing 21,7^{+0,021}$                                                                             |    |                                          |                                                                        |                                                       |                                                                          | 1 | 1   |       | 36,45  | 0,225 | 1    |    | 67   | 4,6   | 0,54  |    |    |    |    |                   |  |
|   | 6                                                                              | Снять фаску 2, выдержав размер $2,18\pm 0,15\times 45^\circ$                                                                             |                                                                                     |                                          |                                                                        |                                                       |                                                                          | 1 | 1   |       | 4,18   | 2,18  | 0,35 |    | 1500 | 113,1 | 0,008 |    |    |    |    |                   |  |
| 7 | Обточить поверхность 3 диаметром $\varnothing 80_{-0,74}$ , выдержав размер 30 | 1                                                                                                                                        | 1                                                                                   |                                          | 34,44                                                                  | 2,44                                                  | 0,5                                                                      |   | 400 | 107,2 | 0,17   |       |      |    |      |       |       |    |    |    |    |                   |  |
| 3 | A                                                                              | Фрезерная                                                                                                                                |  | Вертикально – фрезерный станок 6Р11-ФЗ   | Приспособления, спец.                                                  | Концевая фреза с коническим хвостовиком ГОСТ 17026-71 | Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80,                                 | 1 | 1   |       | 104,6  | 20    | 0,2  |    | 240  | 15,1  | 4,36  |    |    |    |    |                   |  |
|   | 1                                                                              | Фрезеровать торцы кулачков, выдержав размеры $20\pm 0,26$ и $35_{-0,62}$                                                                 |                                                                                     |                                          |                                                                        |                                                       |                                                                          |   |     |       |        |       |      |    |      |       |       |    |    |    |    |                   |  |
|   |                                                                                |                                                                                                                                          |                                                                                     |                                          |                                                                        |                                                       |                                                                          |   |     |       |        |       |      |    |      |       |       |    |    |    |    |                   |  |
| 4 | A                                                                              | Фрезерная                                                                                                                                |  | Горизонтально – фрезерный станок 6Р82Г   | Приспособления, спец.                                                  | Прорезная фреза ГОСТ 2679-73                          | Штангенциркуль ШЦ-III-250-0,05 ГОСТ 166-80                               | 1 | 1   |       | 57     | 18,5  | 0,2  |    | 260  | 16,3  | 2,19  |    |    |    |    |                   |  |
|   | 1                                                                              | Фрезеровать поверхности, выдержав размеры $30_{-0,52}$ и $18\pm 0,215$                                                                   |                                                                                     |                                          |                                                                        |                                                       |                                                                          |   |     |       |        |       |      |    |      |       |       |    |    |    |    |                   |  |
|   |                                                                                |                                                                                                                                          |                                                                                     |                                          |                                                                        |                                                       |                                                                          |   |     |       |        |       |      |    |      |       |       |    |    |    |    |                   |  |
| 5 | A                                                                              | Фрезерная                                                                                                                                |  |                                          |                                                                        |                                                       |                                                                          | 1 | 1   | 20    | 127,88 | 4     | 9,6  |    | 31,5 | 9,9   | 1,27  |    |    |    |    |                   |  |
|   | 1                                                                              | Фрезеровать паз в размер $4_{-0,3}$ , вскрывая отверстие $\varnothing 22$ Фрезеровать пазы в размер $4_{-0,3}$ , на глубину $20\pm 0,26$ |                                                                                     |                                          |                                                                        |                                                       |                                                                          |   |     |       |        |       |      |    |      |       |       |    |    |    |    |                   |  |
|   |                                                                                |                                                                                                                                          |                                                                                     |                                          |                                                                        |                                                       |                                                                          |   |     |       |        |       |      |    |      |       |       |    |    |    |    |                   |  |

ИШНПТ-3-8/16.1003

2

ИШНПТ-3-8/16.1003

2

| 1  | 2 | 3                                                                                                                   |                                                                                     | 5                                      | 6                            | 7                                             | 8                                             | 9 | 10 | 11 | 12   | 13   | 14   | 15 | 16  | 17  | 18   | 19 | 20 | 21 | 22 |
|----|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------|---|----|----|------|------|------|----|-----|-----|------|----|----|----|----|
| 6  | A | Сверлильная                                                                                                         |     | Вертикально-сверлильный станок 2A135   | Приспособления, спец.        | Сверло $\varnothing 9$ Р6М5 ГОСТ 10903-77     | Штангенциркуль ШЦ-III-250-0,05<br>ГОСТ 166-80 | 1 | 1  |    | 37,2 | 4,5  | 0,15 |    | 750 | 212 | 0,62 |    |    |    |    |
|    | 1 | Сверлить 4 отверстия диаметром $\varnothing 9^{+0,36}$ , выдержав размеры $10\pm 0,18$ , $8\pm 0,18$ и $19\pm 0,26$ |                                                                                     |                                        |                              |                                               |                                               |   |    |    |      |      |      |    |     |     |      |    |    |    |    |
| 7  |   | Термическая                                                                                                         |                                                                                     |                                        |                              |                                               |                                               |   |    |    |      |      |      |    |     |     |      |    |    |    |    |
| 8  | A | Токарная                                                                                                            |  | Токарно-винторезный станок Модель 1К62 | Двухкулачковый патрон, спец. | Развертка $\varnothing 22$ Т15К6 ГОСТ 1672-80 | Микрометр гладкий Модель 123                  | 1 | 1  |    | 36,3 | 0,15 | 1    |    | 100 | 6,9 | 0,36 |    |    |    |    |
|    | 1 | Установить и снять деталь                                                                                           |                                                                                     |                                        |                              |                                               |                                               |   |    |    |      |      |      |    |     |     |      |    |    |    |    |
|    |   | Развернуть отверстие диаметром $\varnothing 22^{+0,05}$                                                             |                                                                                     |                                        |                              |                                               |                                               |   |    |    |      |      |      |    |     |     |      |    |    |    |    |
| 9  |   | Промыть деталь                                                                                                      |                                                                                     |                                        |                              |                                               |                                               |   |    |    |      |      |      |    |     |     |      |    |    |    |    |
| 10 |   | Технический контроль                                                                                                |                                                                                     |                                        |                              |                                               |                                               |   |    |    |      |      |      |    |     |     |      |    |    |    |    |

ИШНПТ-3-8/161003

ИШНПТ-3-8/161004

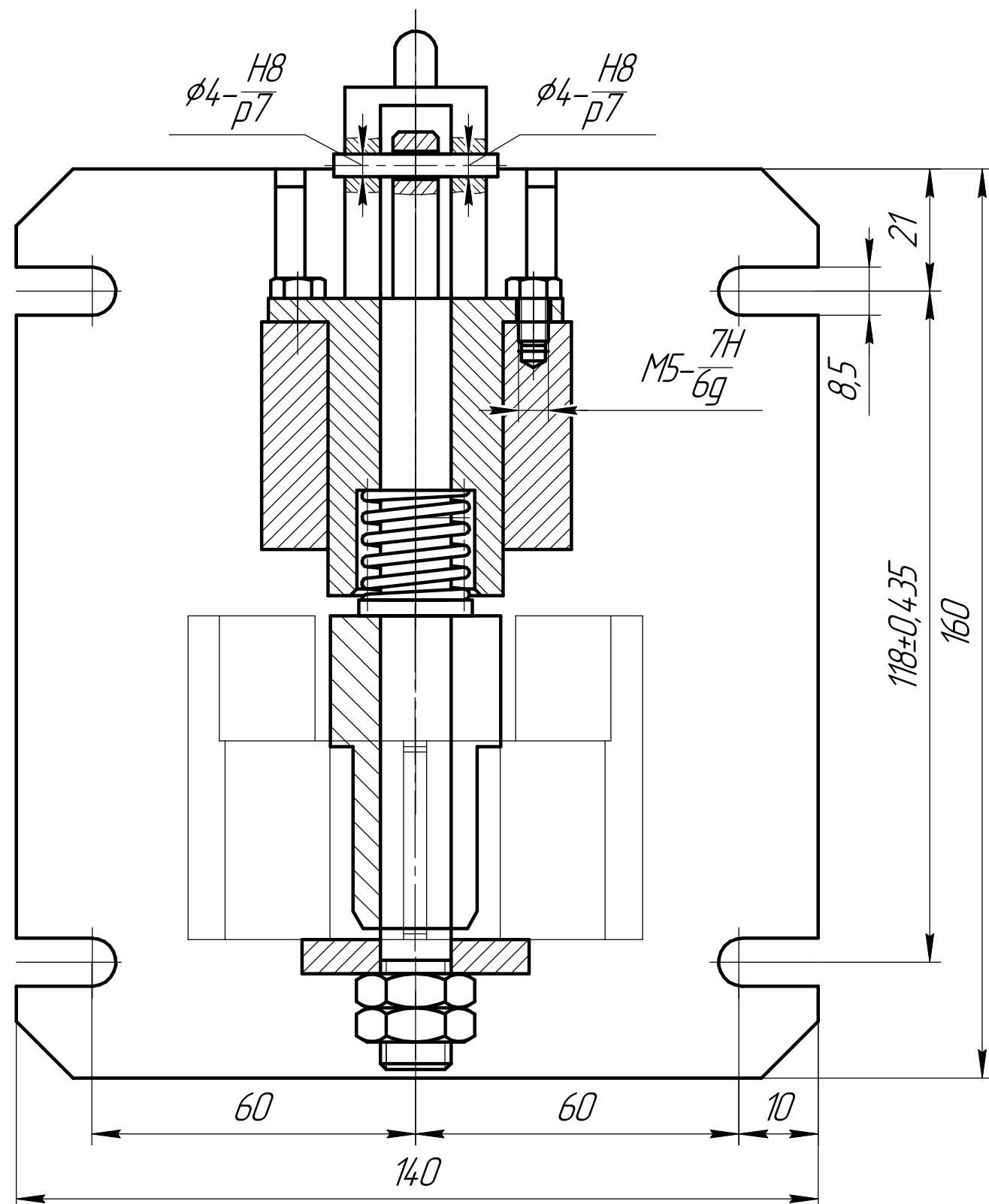
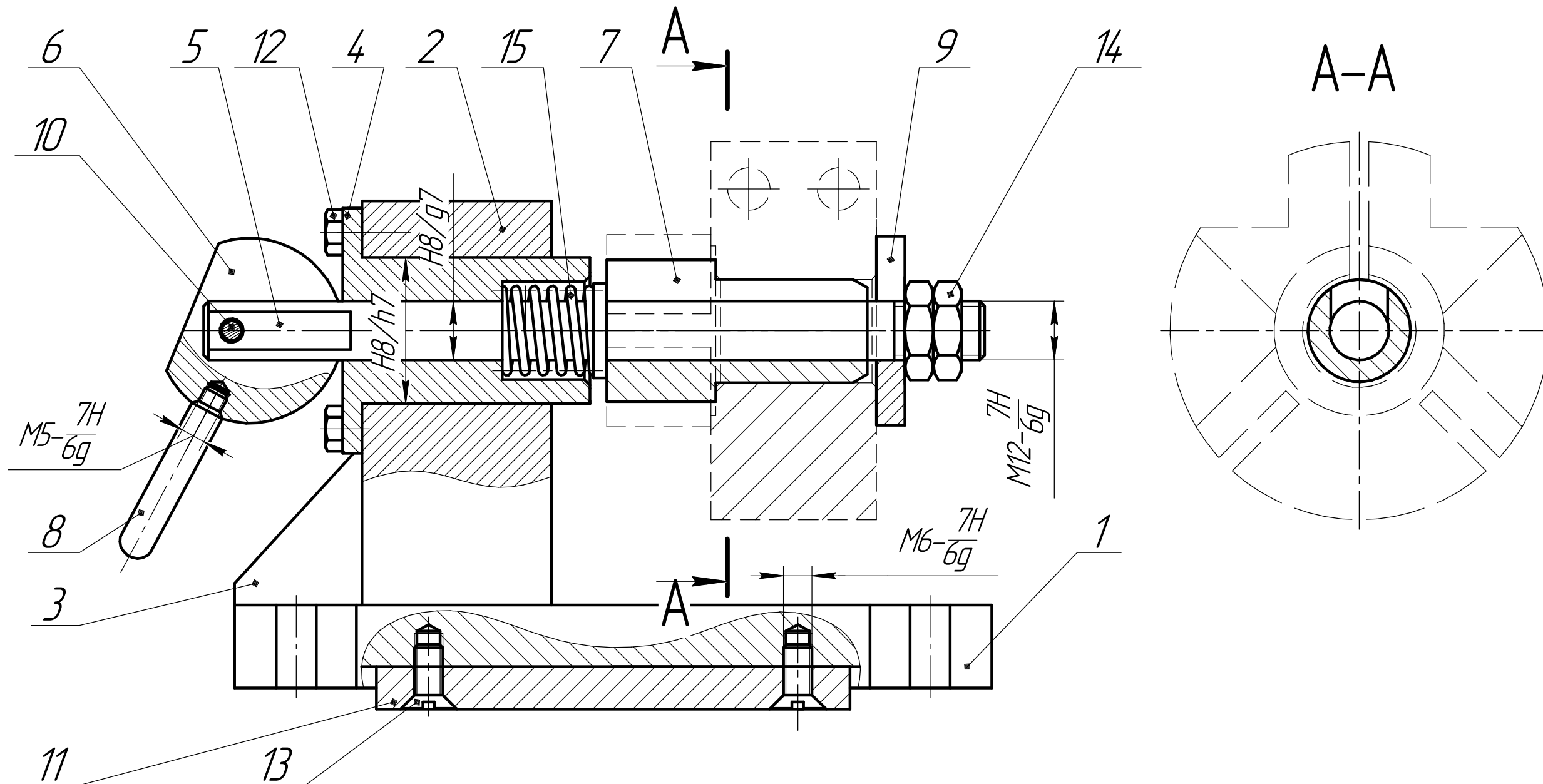
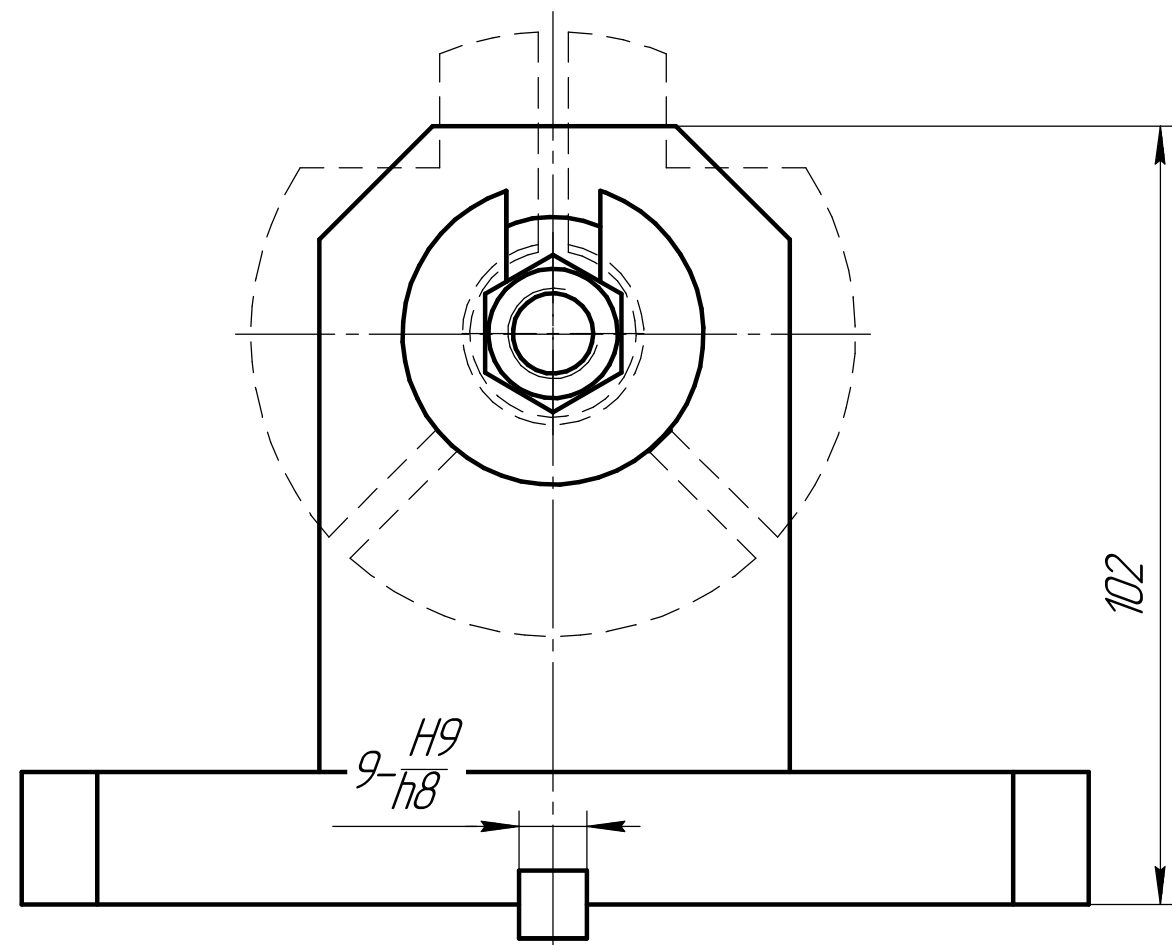
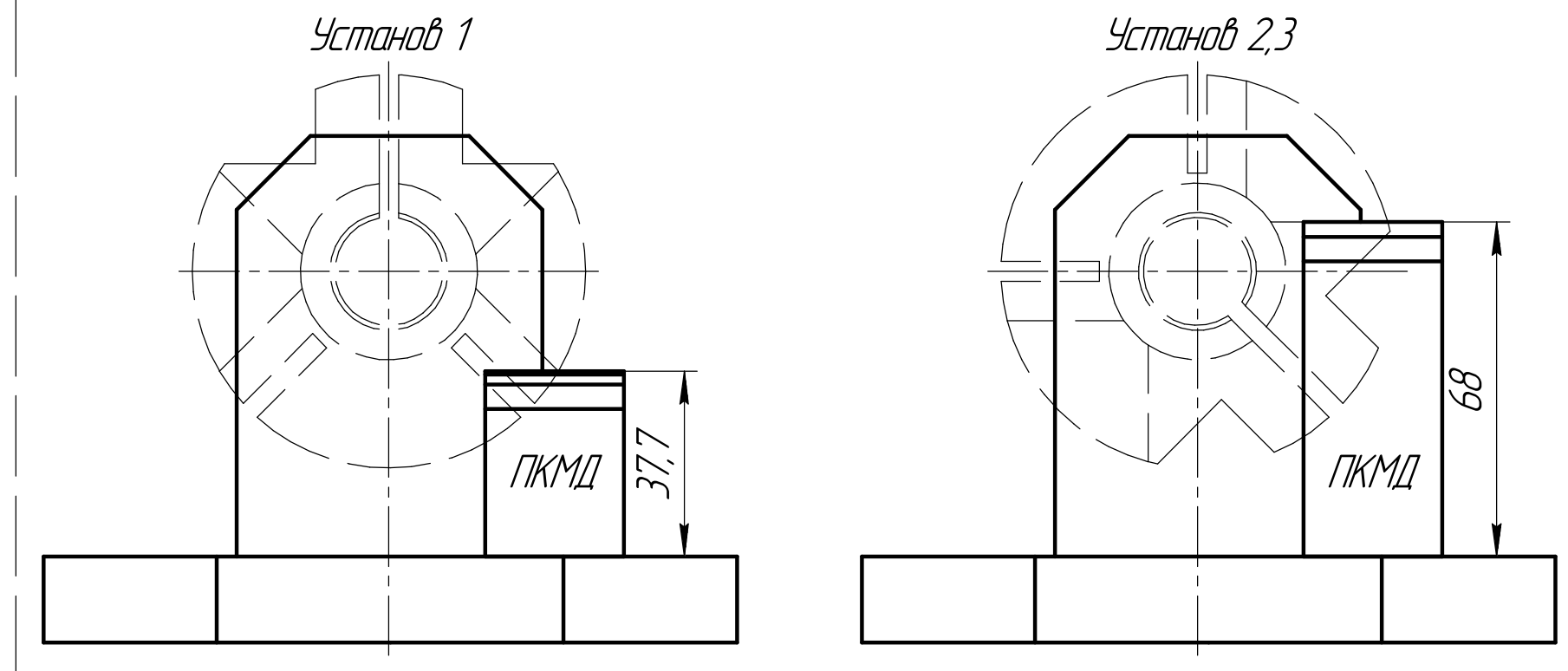


Схема настройки положений (п.4)



1. Размеры для справок
2. Станок универсальный вертикально-сверлильный Модель: 2С50
3. На сопряженных поверхностях детали не допускаются задиры и царапины
4. Для настройки положения заготовки относительно инструмента использовать настроечные пластинки.
5. Усилие закрепления 4,2, 7Н

|                  |  |  |  |  |  |                |  |  |           |        |         |
|------------------|--|--|--|--|--|----------------|--|--|-----------|--------|---------|
| ИШНПТ-3-8/161004 |  |  |  |  |  | Приспособление |  |  | Лист      | Масса  | Масштаб |
| Сборочный чертёж |  |  |  |  |  | 1:1            |  |  | Лист      | Листов | 1       |
| ТТУ ИК           |  |  |  |  |  | Группа 8л11    |  |  | Формат А2 |        |         |
| Копировал        |  |  |  |  |  |                |  |  |           |        |         |

| Перв. примен. |          | Формат        | Зона     | Поз.                 | Обозначение                     | Наименование                   | Кол. | Примечание |        |
|---------------|----------|---------------|----------|----------------------|---------------------------------|--------------------------------|------|------------|--------|
|               |          |               |          |                      |                                 |                                |      |            |        |
| Справ. №      |          |               |          |                      |                                 |                                |      |            |        |
|               |          |               |          |                      |                                 | Документация                   |      |            |        |
|               |          |               |          |                      |                                 |                                |      |            |        |
|               |          |               |          |                      | ИШНПТ-3-8/161.004               | Сборочный чертеж               | 1    |            |        |
|               |          |               |          |                      |                                 |                                |      |            |        |
|               |          |               |          |                      |                                 |                                |      |            |        |
|               |          |               |          |                      |                                 | Детали                         |      |            |        |
|               |          |               |          |                      |                                 |                                |      |            |        |
|               |          |               | 1        | ИШНПТ-3-8/161.004.01 | Основание                       | 1                              |      |            |        |
|               |          |               | 2        | ИШНПТ-3-8/161.004.02 | Корпус                          | 1                              |      |            |        |
|               |          |               | 3        | ИШНПТ-3-8/161.004.03 | Редьро                          | 2                              |      |            |        |
|               |          |               | 4        | ИШНПТ-3-8/161.004.04 | Стакан                          | 1                              |      |            |        |
|               |          |               | 5        | ИШНПТ-3-8/161.004.05 | Ось                             | 1                              |      |            |        |
|               |          |               | 6        | ИШНПТ-3-8/161.004.06 | Кулачок                         | 1                              |      |            |        |
|               |          |               | 7        | ИШНПТ-3-8/161.004.07 | Втулка                          | 1                              |      |            |        |
|               |          |               | 8        | ИШНПТ-3-8/161.004.08 | Ручка                           | 1                              |      |            |        |
|               |          |               | 9        | ИШНПТ-3-8/161.004.09 | Шайба                           | 1                              |      |            |        |
|               |          |               | 10       | ИШНПТ-3-8/161.004.10 | Ось малая                       | 1                              |      |            |        |
|               |          |               | 11       | ИШНПТ-3-8/161.004.11 | Шпонка                          | 1                              |      |            |        |
|               |          |               |          |                      |                                 |                                |      |            |        |
|               |          |               |          |                      |                                 |                                |      |            |        |
|               |          |               |          |                      |                                 | Стандартные изделия            |      |            |        |
| Взам. инв. №  |          |               |          |                      |                                 |                                |      |            |        |
|               |          |               | 12       |                      | Болт М5х10 ГОСТ 7796-70         | 4                              |      |            |        |
|               |          |               | 13       |                      | Винт М6х15 ГОСТ Р ИСО 2009-2013 | 2                              |      |            |        |
|               |          |               | 14       |                      | Гайка М12 ГОСТ 10610-72         | 2                              |      |            |        |
|               |          |               | 15       |                      | Пружина ГОСТ 13766-86           | 1                              |      |            |        |
| Подп. и дата  |          |               |          |                      |                                 | ИШНПТ-3-8/161.004              |      |            |        |
|               | Изм.     | Лист          | № докум. | Подп.                | Дата                            |                                |      |            |        |
| Инв. № подл.  | Разраб.  | Лукьянов К.П. |          |                      |                                 | Приспособление<br>Спецификация | Лит. | Лист       | Листов |
|               | Пров.    | Галин Н.Е.    |          |                      |                                 |                                |      |            | 1      |
|               |          |               |          |                      |                                 |                                |      |            |        |
|               | Н.контр. |               |          |                      |                                 |                                |      |            |        |
|               | Утв.     |               |          |                      |                                 |                                |      |            |        |